

**PENGARUH APLIKASI SISTEM AKUAPONIK DENGAN
MENGUNAKAN PERBEDAAN JENIS TANAMAN TERHADAP
HEMATOLOGI DAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN NILA
(*Oreochromis sp.*)**

TESIS



Oleh:

IMMANUEL A. H. PANDIANGAN
NIM. 176080100011005

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
MINAT LINGKUNGAN**

**PROGRAM STUDI MAGISTER BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

**PENGARUH APLIKASI SISTEM AKUAPONIK DENGAN
MENGUNAKAN PERBEDAAN JENIS TANAMAN TERHADAP
HEMATOLOGI DAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN NILA
(*Oreochromis sp.*)**

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Magister**

Oleh:
IMMANUEL A. H. PANDIANGAN
NIM. 176080100011005

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
MINAT LINGKUNGAN**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2021

TESIS

PENGARUH APLIKASI SISTEM AKUAPONIK DENGAN MENGGUNAKAN PERBEDAAN JENIS TANAMAN TERHADAP HEMATOLOGI DAN HISTOPATOLOGI INSANG IKAN NILA (*Oreochromis sp.*)

Oleh:

IMMANUEL A. H. PANDIANGAN

NIM. 176080100011005

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 15 Desember 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Menyetujui,
Komisi Pembimbing**

Ketua

Anggota

Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS

NIP. 19570704 198403 2 001

Tanggal: 03 / 01 / 2022

Prof. Dr. Ir. munammad Musa, MS

NIP. 19570507 198602 1 002

Tanggal: 03 / 01 / 2022

Komisi Penguji

Penguji

Penguji

Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP

NIP. 19720529 200312 1 001

Tanggal: 03 / 01 / 2022

Dr. Yunita Maimunah, S.Pi, M.Sc

NIP. 19780625 200501 2 002

Tanggal: 03 / 01 / 2022

Mengetahui,

**Dekan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan**

**Ketua
Program Magister**



Prof. Dr. Ir. Maftuch, M.Si

NIP. 19660825 199203 1 001

Tanggal: 04 / 01 / 2022

Dr. Ir. Muhamad Firdaus, M.P

NIP. 19680919 200501 1 001

Tanggal: 04 / 01 / 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Immanuel A. H. Pandiangan

NIM : 176080100011005

Judul Tesis : Pengaruh Aplikasi Sistem Akuaponik dengan Menggunakan Perbedaan Jenis Tanaman Terhadap Hematologi dan Histopatologi Insang Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Tesis ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah, tabel, gambar maupun ilustrasi lainnya yang tercantum sebagai bagian dari Tesis. Jika terdapat karya / pendapat / penelitian dari orang lain, maka saya telah mencantumkan sumber yang jelas dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Brawijaya, Malang. Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa adanya paksaan dari pihak manapun.

Malang, 15 Desember 2021

Immanuel A. H. Pandiangan

NIM.176080100011005

IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul Tesis : Pengaruh Aplikasi Sistem Akuaponik dengan Menggunakan Perbedaan Jenis Tanaman Terhadap Hematologi dan Histopatologi Insang Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)

Nama Mahasiswa : Immanuel A. H. Pandiangan

NIM : 135080501111044

Program Studi : Magister Budidaya Perairan

PENGUJI PEMBIMBING:

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS

Pembimbing 2 : Prof. Dr. Ir. Muhammad Musa, MS

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : Dr. Asus Maizar S. H., S.Pi, MP

Dosen Penguji 2 : Dr. Yunita Maimunah, S.Pi, M.Sc

Tanggal Ujian : 15 Desember 2021

RINGKASAN

IMMANUEL A. H. PANDIANGAN. Pengaruh Aplikasi Sistem Akuaponik dengan Menggunakan Perbedaan Jenis Tanaman Terhadap Hematologi dan Histopatologi Insang Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) (dibawah bimbingan **Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS** dan **Dr. Ir. Muhammad Musa, MS**)

Saat ini budidaya ikan nila berfokus pada efisiensi penggunaan air dalam mengurangi limbah nitrogen dengan menerapkan sistem akuaponik. Penerapan sistem akuaponik memiliki keuntungan tidak hanya untuk produksi ikan tetapi juga tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*). Analisis data menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan kangkung (*Ipomoea reptans*), pakcoy (*Brassica rapa L*) dan kontrol (tanpa tanaman), masing-masing ulangan sebanyak 3 kali. Parameter utama pada penelitian ini adalah hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan tanaman berpengaruh terhadap hematologi dan histopatologi ikan nila (*Oreochromis sp.*). Perlakuan terbaik hematologi yaitu perlakuan A (kangkung) yang memiliki nilai rata-rata Log eritrosit sebesar 2,28, Log leukosit 5,45, hemoglobin 5,78 gr% dan hematokrit 18,73%. Sedangkan hasil histopatologi terbaik ada pada perlakuan A (kangkung) yang memiliki jumlah persen kerusakan insang sebesar 47,36% dengan status kerusakan sedang.

Kata Kunci: *tanaman akuaponik, budidaya ikan, reduksi nitrogen, sistem resirkulasi akuakultur, sel darah, organ pernapasan ikan*

SUMMARY

IMMANUEL A. H. PANDIANGAN. Effect of Aquaponics System Using Different Varieties of Plants on The Hematology and Gill Histopathology of Tilapia (*Oreochromis sp.*). (under the guidance of **Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS** and **Dr. Ir. Muhammad Musa, MS**)

Currently, tilapia cultivation focuses on water use efficiency in reducing nitrogen waste by implementing an aquaponic system. The application of an aquaponic system has advantages not only for fish production but also for crops. This study aims to analyze the effect of aquaponics system using different varieties of plants on the hematology and gill histopathology of tilapia (*Oreochromis sp.*). Data analysis used a completely randomized design (CRD) treatment with water spinach (*Ipomoea reptans*), pakcoy (*Brassica rapa L*) and control (without plants), each treatments repeted 3 times. The main parameters in this study were the hematology and histopathology of the gills of tilapia (*Oreochromis sp.*).

The results showed that the application of an aquaponic system using plant differences had an effect on the hematology and histopathology of tilapia (*Oreochromis sp.*). The best results of hematology treatment was treatment A (water spinach) which had an average value of log erythrocyte by 2.28, log leukocyte by 5.45, hemoglobin by 5.78 gr% and hematocrit by 18.73%. While the best the best results of histopathological were in treatment A (water spinach) which had a percentage of gill damage of 47.36% with moderate damage status.

Key words: *aquaponic plant, fish culture, nitrogen removal, recirculating system, blood cells, respiratory organ*



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyajikan Tesis yang berjudul “Pengaruh Aplikasi Sistem Akuaponik dengan Menggunakan Perbedaan Jenis Tanaman Terhadap Hematologi dan Histopatologi Insang Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)”, dibawah bimbingan:

1. Prof. Dr. Ir. Endang Yuli H., MS
2. Prof. Dr. Ir. Muhammad Musa, MS

Penulis menyadari akan keterbatasan baik dalam pengambilan metode dan rancangan penelitian, serta memiliki kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyajian. Akan tetapi, kekurangan tersebut diharapkan tidak mengurangi nilai manfaat yang ingin disampaikan penulis kepada pembaca. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kebaikan penelitian ini.

Malang, 15 Desember 2021

Immanuel A. H. Pandiangan

NIM.176080100011005

DAFTAR ISI

Halaman

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
IDENTITAS TIM PENGUJI.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iii
RINGKASAN.....	iv
SUMMARY.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Biologi Ikan Nila (<i>Oreochromis sp.</i>).....	6
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi.....	6
2.1.2 Habitat dan Penyebaran.....	7
2.2 Biologi Kangkung (<i>Ipomoea reptans</i>).....	8
2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi.....	8
2.2.2 Syarat Tumbuh dan Pemanenan.....	9
2.3 Biologi Pakcoy (<i>Brassica rapa L.</i>).....	10
2.3.1 Klasifikasi dan Morfologi.....	10
2.3.2 Syarat Tumbuh dan Pemanenan.....	11
2.4 Sistem Akuaponik.....	12
2.4.1 Pengertian Akuaponik.....	12
2.4.2 Pemilihan Komoditas Ikan.....	13
2.4.3 Pemilihan Komoditas Tanaman.....	13
2.4.4 Teknik Akuaponik.....	14
2.4.5 Media Tanam Akuaponik.....	15
2.5 Histopatologi.....	16



2.5.1 Pengertian dan Manfaat Histopatologi.....	16
2.5.2 Jaringan Insang sebagai Parameter Uji Histopatologi	17
2.6 Hematologi.....	17
2.6.1 Eritrosit	17
2.6.2 Leukosit.....	18
2.6.3 Hematokrit	18
2.6.4 Hemoglobin	19
2.7 Kualitas Air.....	20
2.7.1 Total Amonia Nitrogen (TAN).....	20
2.7.2 Nitrit (NO ₂).....	20
2.7.3 Nitrat (NO ₃).....	21
2.7.4 Ortofosfat (PO ₄).....	21
BAB III. KERANGKA PENELITIAN	23
3.1 Landasan Teori.....	23
3.2 Kerangka Konsep.....	24
3.3 Kerangka Operasional Penelitian.....	25
3.4 Mapping Jurnal.....	27
3.5 Hipotesis	30
BAB IV. METODE PENELITIAN	32
4.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	32
4.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	32
4.2.1 Alat Penelitian	32
4.2.2 Bahan Penelitian	33
4.3 Metode Penelitian.....	33
4.4 Pengambilan Data.....	34
4.5 Rancangan Penelitian.....	34
4.6 Prosedur Penelitian	35
4.6.1 Persiapan Sistem Akuaponik.....	35
4.6.2 Pengambilan Darah	36
4.6.3 Pengambilan Insang	37
4.6.4 Pembuatan Histopatologi Insang.....	37
4.7 Pelaksanaan Penelitian	39
4.8 Parameter Uji	40
4.8.1 Parameter Uji Kualitas Air.....	40
4.8.2 Parameter Uji Tanaman	41
4.8.3 Parameter Uji Ikan.....	41
4.9 Analisis Data.....	45
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
5.1 Kualitas Air.....	47
5.1.1 Suhu	47
5.1.2 pH	48
5.1.3 Oksigen Terlarut (DO)	51
5.1.4 Ortofosfat (PO ₄).....	53
5.1.5 Amonia (NH ₃).....	56



5.1.6 Nitrit (NO ₂)	58
5.1.7 Nitrat (NO ₃)	61
5.2 Pertumbuhan Tanaman	63
5.2.1 <i>Relative Growth Rate</i> (RGR)	63
5.2.2 <i>Doubling Time</i> (DT)	65
5.3 <i>Percentage Nitrogen Removal</i> (PNR)	66
5.4 <i>Survival Rate</i> (SR) Ikan	67
5.5 Pertumbuhan Ikan	69
5.5.1 <i>Specific Growth Rate</i> (SGR)	69
5.5.2 <i>Feed Conversion Ratio</i> (FCR)	71
5.6 Uji Hematologi	74
5.6.1 Eritrosit	74
5.6.2 Leukosit	77
5.6.3 Hemoglobin	79
5.6.4 Hematokrit	81
5.7 Histopatologi Insang	84
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	90
6.1 Kesimpulan	90
6.2 Saran	90
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	104
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian	104
Lampiran 2. Data Suhu Selama Penelitian	110
Lampiran 3. Analisa Data Suhu	112
Lampiran 4. Data pH Selama Penelitian	114
Lampiran 5. Analisa Data pH	116
Lampiran 6. Data DO Selama Penelitian	118
Lampiran 7. Analisa Data DO	120
Lampiran 8. Data Amonia (mg/l) Selama Penelitian	122
Lampiran 9. Analisa Data Amonia	123
Lampiran 10. Data Nitrit (mg/l) Selama Penelitian	125
Lampiran 11. Analisa Data Nitrit	126
Lampiran 12. Data Nitrat (mg/l) Selama Penelitian	128
Lampiran 13. Analisa Data Nitrat	129
Lampiran 14. Data Ortofosfat (mg/l) Selama Penelitian	131
Lampiran 15. Analisa Data Ortofosfat	132
Lampiran 16. Data RGR Tanaman Selama Penelitian	134
Lampiran 17. Data DT Tanaman (hari) Selama Penelitian	135
Lampiran 18. Data PNR Tanaman Selama Penelitian	136
Lampiran 19. Analisa Data SR Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> sp.)	137
Lampiran 20. Analisa Data SGR Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> sp.)	139
Lampiran 21. Analisa Data FCR Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> sp.)	141
Lampiran 22. Analisa Data Eritrosit Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> sp.)	143
Lampiran 23. Analisa Data Leukosit Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> sp.)	145
Lampiran 24. Analisa Data Hemoglobin Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> sp.)	147



Lampiran 25. Analisa Data Hematokrit Ikan Nila (*Oreochromis* sp.) 149
Lampiran 26. Analisa Data Persentase Kerusakan Histopatologi Insang Ikan Nila..... 151



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Daftar Penelitian Terdahulu.....	27
Tabel 2. Parameter Uji Kualitas Air.....	40
Tabel 3. Nilai pKa Berdasarkan Deret Nilai Suhu.....	40
Tabel 4. Rata-rata Nilai Suhu (°C).....	47
Tabel 5. Uji Sidik Ragam Suhu.....	47
Tabel 6. Rata-rata Nilai pH.....	49
Tabel 7. Uji Sidik Ragam pH.....	49
Tabel 8. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pH.....	49
Tabel 9. Rata-rata Nilai DO (mg/l).....	51
Tabel 10. Uji Sidik Ragam DO.....	51
Tabel 11. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) DO.....	52
Tabel 12. Rata-rata Nilai Ortofosfat (mg/l).....	53
Tabel 13. Uji Sidik Ragam Ortofosfat.....	54
Tabel 14. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Ortofosfat.....	54
Tabel 15. Rata-rata Nilai Amonia (mg/l).....	56
Tabel 16. Uji Sidik Ragam Amonia.....	56
Tabel 17. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Amonia.....	57
Tabel 18. Rata-rata Nilai Nitrit (mg/l).....	59
Tabel 19. Uji Sidik Ragam Nitrit.....	59
Tabel 20. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Nitrit.....	59
Tabel 21. Rata-rata Nilai Nitrat (mg/l).....	61
Tabel 22. Uji Sidik Ragam Nitrat.....	61
Tabel 23. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Nitrat.....	62
Tabel 24. Persentase Reduksi Nitrogen Mingguan.....	66
Tabel 25. Rata-rata Persentase Reduksi Nitrogen.....	67
Tabel 26. Jumlah Rata-rata SR Ikan Nila (%).....	67
Tabel 27. Uji Sidik Ragam SR Ikan Nila.....	68
Tabel 28. Jumlah Rata-rata SGR Hidup Ikan Nila.....	69
Tabel 29. Uji Sidik Ragam SGR Ikan Nila.....	70
Tabel 30. Jumlah Rata-rata FCR Ikan Nila.....	72
Tabel 31. Uji Sidik Ragam FCR Ikan Nila.....	72
Tabel 32. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) FCR.....	72
Tabel 33. Rata-rata Log Eritrosit (sel/mm ³) Ikan Nila.....	74
Tabel 34. Uji Sidik Ragam Eritrosit Ikan Nila.....	75
Tabel 35. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Eritrosit.....	75
Tabel 36. Rata-rata Log Leukosit (sel/mm ³) Ikan Nila.....	77
Tabel 37. Uji Sidik Ragam Leukosit Ikan Nila.....	77
Tabel 38. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Leukosit.....	78
Tabel 39. Rata-rata Hemoglobin (gr%) Ikan Nila.....	79
Tabel 40. Uji Sidik Ragam Hemoglobin Ikan Nila.....	79
Tabel 41. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Hemoglobin.....	80
Tabel 42. Rata-rata Hematokrit (%) Ikan Nila.....	81
Tabel 43. Uji Sidik Ragam Hematokrit Ikan Nila.....	82
Tabel 44. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Hematokrit.....	82



Tabel 45. Persentase Kerusakan Insang 85



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Ikan Nila (<i>Oreochromis</i> sp.) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).....	6
Gambar 2. Tanaman Kangkung (<i>I. reptans</i>) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).....	8
Gambar 3. Tanaman Pakcoy (<i>Brassica rapa</i> L.) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).....	10
Gambar 4. Siklus Nitrogen dalam Akuaponik (Tyson <i>et al.</i> , 2011).....	12
Gambar 5. Kerangka Konsep Penelitian.....	25
Gambar 6. Kerangka Operasional Penelitian.....	26
Gambar 7. Denah Penelitian Akuaponik.....	35
Gambar 8. Skema Penelitian (A: Kontrol, B: Perlakuan Tanaman) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).....	36
Gambar 9. Alur Skoring (Gerak Zig Zag) (Siswandari, 2005).....	45
Gambar 10. Grafik pH.....	50
Gambar 11. Grafik DO.....	52
Gambar 12. Grafik Ortofosfat.....	55
Gambar 13. Grafik Amonia.....	57
Gambar 14. Grafik Nitrit.....	60
Gambar 15. Grafik Nitrat.....	62
Gambar 16. Grafik RGR.....	64
Gambar 17. Grafik DT.....	65
Gambar 18. Grafik SR.....	68
Gambar 19. Grafik SGR.....	70
Gambar 20. Grafik FCR.....	73
Gambar 21. Gambaran Kerusakan Insang Perlakuan Kangkung (A), Perlakuan Pakcoy (B) dan Perlakuan Kontrol (K) (Perbesaran 40x).....	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian	104
Lampiran 2. Data Suhu Selama Penelitian	110
Lampiran 3. Analisa Data Suhu	112
Lampiran 4. Data pH Selama Penelitian	114
Lampiran 5. Analisa Data pH	116
Lampiran 6. Data DO Selama Penelitian.....	118
Lampiran 7. Analisa Data DO.....	120
Lampiran 8. Data Amonia (mg/l) Selama Penelitian.....	122
Lampiran 9. Analisa Data Amonia	123
Lampiran 10. Data Nitrit (mg/l) Selama Penelitian.....	125
Lampiran 11. Analisa Data Nitrit	126
Lampiran 12. Data Nitrat (mg/l) Selama Penelitian	128
Lampiran 13. Analisa Data Nitrat.....	129
Lampiran 14. Data Ortofosfat (mg/l) Selama Penelitian.....	131
Lampiran 15. Analisa Data Ortofosfat.....	132
Lampiran 16. Data RGR Tanaman Selama Penelitian	134
Lampiran 17. Data DT Tanaman (hari) Selama Penelitian.....	135
Lampiran 18. Data PNR Tanaman Selama Penelitian.....	136
Lampiran 19. Analisa Data SR Ikan Nila (Oreochromis sp.)	137
Lampiran 20. Analisa Data SGR Ikan Nila (Oreochromis sp.)	139
Lampiran 21. Analisa Data FCR Ikan Nila (Oreochromis sp.).....	141
Lampiran 22. Analisa Data Eritrosit Ikan Nila (Oreochromis sp.)	143
Lampiran 23. Analisa Data Leukosit Ikan Nila (Oreochromis sp.).....	145
Lampiran 24. Analisa Data Hemoglobin Ikan Nila (Oreochromis sp.)	147
Lampiran 25. Analisa Data Hematokrit Ikan Nila (Oreochromis sp.)	149
Lampiran 26. Analisa Data Persentase Kerusakan Histopatologi Insang Ikan Nila	151

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini budidaya perikanan telah memberikan dampak positif terhadap ketahanan pangan nasional, baik dalam meningkatkan produksi komoditas perikanan hias dan konsumsi, menyediakan protein hewani dan sumber kegiatan ekonomi masyarakat, serta pengembangan wilayah (Sukardi *et al.*, 2018). Salah satu jenis ikan budidaya air tawar yang memiliki nilai ekonomis dan menjadi komoditas penting dalam bisnis perikanan air tawar dunia adalah ikan nila. Ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan akan potensi ikan nila untuk dibudidayakan, diantaranya ikan nila relatif tahan terhadap serangan penyakit, mampu beradaptasi dalam berbagai keadaan lingkungan, pertumbuhan cepat, sehingga berpotensi dibudidayakan dalam sistem intensif (padat penebaran tinggi) (Isnawati *et al.*, 2015).

Akan tetapi semakin tinggi padat penebaran ikan nila dalam sistem intensif dan semakin besar ukuran ikan nila yang dipelihara, maka akan semakin meningkat juga jumlah pakan yang harus diberikan mengikuti jumlah dan perkembangan ukuran ikan. Pemberian pakan ikan dalam jumlah yang banyak, akan berpotensi memberi dampak negatif terutama dalam budidaya sistem tertutup, yaitu masuknya limbah berupa unsur N (Nitrogen) yang berasal dari kotoran ikan dan pakan yang tidak termakan oleh ikan. Limbah tersebut akan terus meningkat secara berkelanjutan serta memberi dampak pada penurunan kualitas air. Selain itu, semakin lama waktu pemeliharaan ikan yang dilakukan, maka akan semakin bertambah tinggi limbah yang dihasilkan dan pada konsentrasi tertentu, limbah tersebut bersifat racun bagi ikan yang dipelihara (Taufik *et al.*, 2015).

Efek subletal dari limbah N dalam bentuk amonia (NH_3) berpotensi memberikan dampak buruk terhadap ikan, seperti perubahan pH dalam darah yang mengakibatkan menurunnya kadar hemoglobin, rusaknya jaringan insang ikan, ikan lebih rentan terhadap penyakit, serta memperlambat pertumbuhan ikan.

Kerusakan insang yang terjadi dapat berupa penyempitan permukaan insang.

Penyempitan permukaan insang berdampak pada penurunan kemampuan insang dalam melakukan pertukaran gas, pembengkakkan sel-sel insang, pelekatan filamen-filamen insang dan pertumbuhan jaringan insang yang berlebihan (hiperplasia) (Sutomo, 1989; Hastuti dan Subandiyono, 2011). Mengacu pada

Standar Nasional Indonesia (SNI) (2009), kadar amonia yang baik untuk budidaya ikan nila yaitu kurang dari 0,02 mg/l, melebihi batas tersebut amonia dapat bersifat toksik bagi ikan nila. Melihat adanya dampak negatif tersebut, diperlukan penanganan dalam memperbaiki kualitas air agar kesehatan ikan tetap terjaga selama pemeliharaan, salah satunya yaitu dapat menerapkan sistem akuaponik.

Secara sederhana, dapat diketahui bahwa akuaponik merupakan gabungan antara kegiatan budidaya perikanan dengan budidaya tanaman dalam satu sistem resirkulasi. Selama sistem akuaponik berjalan, terdapat limbah N dalam bentuk amonia yang dihasilkan. Limbah tersebut dapat bersumber dari sisa pakan yang tidak termakan maupun dari hasil metabolisme ikan. Keadaan aerob dalam sistem akuaponik dapat mendukung proses nitrifikasi yang akan merubah senyawa amonia menjadi nitrat, sehingga nantinya unsur hara yang terbentuk dalam bentuk nitrat dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk pertumbuhannya. Proses ini menyebabkan kualitas air yang sebelumnya berpotensi toksik terhadap ikan, menjadi kualitas air yang baik untuk kesehatan ikan. Berdasarkan kelebihan sistem akuaponik tersebut, maka diperoleh manfaat dalam penghematan penggunaan air serta menekan biaya pengeluaran untuk pemberian nutrisi tanaman (Okemwa, 2015; Rizal *et al.*, 2018).

Tanaman merupakan salah satu komponen penting dalam sistem akuaponik, beberapa tanaman yang dapat digunakan dalam sistem ini yaitu berupa tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*). Kedua tanaman ini merupakan jenis komoditi pertanian yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan berperan penting dalam pemenuhan berbagai kebutuhan ekonomi para petani.

Tanaman sayur tersebut berumur relatif pendek sehingga pemanenan bisa dilakukan dalam waktu yang relatif cepat, dapat diusahakan dengan menggunakan teknologi sederhana dan hasil produksi tanaman yang cepat terserap di pasaran (Tani'i dan Kune, 2016; Wahyuningsih *et al.*, 2016). Selain itu, tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) dapat menyerap dan memanfaatkan unsur N yang ada dalam sistem akuaponik untuk pertumbuhannya, penyerapan unsur N tersebut menghasilkan kualitas air yang lebih baik dan berdampak pada kesehatan ikan yang dipelihara (meningkatkan kelangsungan hidup) (Liang dan Chien, 2013; Hartami *et al.*, 2015; Akter *et al.*, 2018; Prahesti *et al.*, 2019).

Hartami *et al.* (2015) menambahkan bahwa pemeliharaan ikan nila dalam sistem akuaponik dengan menggunakan perlakuan tanaman kangkung (*I. reptans*) diperoleh hasil bahwa kadar amonia dalam perlakuan ini dalam kisaran yang rendah sampai pada akhir penelitian. Hasil tersebut berbeda jika dibandingkan dengan tanaman selada yang mulai mengalami peningkatan kadar amonia pada hari ke-20 dan terus meningkat sampai pada akhir penelitian. Begitu juga dengan tanaman pakcoy (*B. rapa*) dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Utami *et al.* (2019). Pemeliharaan ikan koi dalam sistem akuaponik menggunakan perlakuan perbedaan tanaman diperoleh hasil bahwa tanaman pakcoy (*B. rapa*) memiliki nilai rata-rata penurunan amonia paling besar jika dibandingkan dengan perlakuan jenis tanaman lainnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap hematologi ikan nila (*Oreochromis sp.*)?
2. Bagaimana pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut diperoleh tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap hematologi ikan nila (*Oreochromis sp.*).
2. Menganalisis pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam penyediaan informasi kepada pembudidaya ikan konsumsi maupun pembudidaya tanaman sayuran daun, bahwa akuaponik dapat memberikan manfaat ketika kedua sistem budidaya tersebut dipadukan dalam satu sistem resirkulasi. Terlebih dari itu, juga diharapkan dapat menyediakan informasi mengenai pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*). Sedangkan untuk peneliti

selanjutnya, diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam mengembangkan penelitian budidaya ikan nila dalam sistem akuaponik.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Morfologi ikan nila (*Oreochromis sp.*) disajikan pada Gambar 1, sedangkan klasifikasi atau sistematika dari ikan nila menurut Khairuman dan Amri (2013) adalah sebagai berikut:

- Filum : *Chordata*
Subfilum : *Vertebrata*
Kelas : *Pisces*
Subkelas : *Acanthoptergii*
Suku : *Cichlidae*
Marga : *Oreochromis*
Spesies : *Oreochromis sp.*



Gambar 1. Ikan Nila (*Oreochromis sp.*) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

Ikan nila memiliki tubuh yang memanjang, ramping, serta memiliki ukuran sisik yang besar. Garis *linea lateralis* ikan nila terputus di bagian tengah badan dan akan diteruskan dengan bagian yang lebih ke bawah daripada garis yang berada di atas sirip dada. Sisik pada gurat sisi memiliki jumlah sebanyak 34 buah. Sirip pada bagian punggung, perut serta dubur memiliki jari-jari lemah mengeras yang

tajam. Sirip punggung dan dadanya berwarna hitam, begitu juga dengan bagian pinggir sirip punggung (Khairuman dan Amri, 2013).

Menurut Kordi (2009), mata ikan nila (*Oreochromis sp.*) pada bagian tepinya memiliki warna hijau kebiruan yang menonjol besar. Letak mulut berada pada ujung depan kepala, sirip perut berada sejajar terhadap sirip dada. Sisik pada garis rusuk memiliki bentuk persegi (*ctenoid*) yang berjumlah 34, memiliki 17 jari-jari keras dan 13 jari-jari lunak pada sirip punggung, bagian sirip perut memiliki 1 jari-jari keras dan 5 jari-jari lunak, sirip dada memiliki sebanyak 15 jari-jari lunak, sirip dubur memiliki 3 jari-jari keras dan 10 jari-jari lunak, serta pada sirip ekor memiliki 8 jari-jari keras melunak.

2.1.2 Habitat dan Penyebaran

Ikan nila (*Oreochromis sp.*) dapat hidup di perairan yang dalam dan luas maupun pada perairan yang sempit dan dangkal. Ikan ini juga dapat hidup di sungai, waduk, danau (jaring apung), rawa, sawah, kolam air deras, tambak air payau bahkan dalam jaring apung di laut. Ikan nila (*Oreochromis sp.*) dapat dipelihara di dataran rendah sampai dengan dataran yang memiliki ketinggian 500 mdpl (Suyanto, 2010).

Ikan nila (*Oreochromis sp.*) memiliki toleransi yang luas terhadap suhu, ikan ini memiliki kemampuan adaptasi yang baik pada kisaran suhu 14-38 °C dan optimal dalam pemijahan pada suhu 22-37 °C dan optimal dalam pertumbuhan serta perkembangbiakan pada suhu berkisar antara 25-30 °C. Metabolisme ikan nila (*Oreochromis sp.*) akan menurun pada suhu lebih rendah dari 14 °C atau akan terganggu pertumbuhannya pada suhu sebesar 38 °C. Ikan ini tidak mampu bertahan pada suhu 6 °C atau 42 °C karena akan mengakibatkan kematian (Khairuman dan Amri, 2013).

2.2 Biologi Kangkung (*Ipomoea reptans*)

2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi

Bentuk morfologi kangkung (*I. reptans*) tersaji pada Gambar 2, sedangkan klasifikasi atau sistematika dari kangkung (*I. reptans*) menurut Rukmana (1994) adalah sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta

Sub-divisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledoneae

Famili : Convolvulaceae

Genus : *Ipomoea*

Spesies : *Ipomoea reptans* Poir



Gambar 2. Tanaman Kangkung (*I. reptans*) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

Kangkung darat (*I. reptans*) memiliki sistem perakaran tunggang, akar kangkung memiliki tekstur yang lunak sehingga mudah rapuh. Akar kangkung memiliki bentuk *filiformis* yang rimbun berwarna putih kekuningan yang dapat mencapai ukuran panjang sekitar 40 cm dan dengan diameter 4 mm. Batang kangkung termasuk batang yang lunak dan berair yang tersimpan pada rongga

batang, batang kangkung juga memiliki getah dan dapat memunculkan akar baru dari buku batang. Batang dapat mencapai panjang 1-1,5 m, diameter 5-6 mm.

Daun tersusun atas tangkai dan helai daun yang bersifat tunggal serta berjarak variasi. Tangkai daun berongga, licin, panjang 3-5 cm, diameter 1,5-2,5 mm. Helai daun memanjang tipis dan ujung runcing, berwarna hijau, pertulangan daun rata, ukuran helai 4x2 sampai 7x4 cm (Suratman *et al.*, 2000).

2.2.2 Syarat Tumbuh dan Pemanenan

Tanaman kangkung (*I. reptans*) dapat beradaptasi pada lingkungan yang luas dan memerlukan sumber air yang cukup, terlebih pada tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica*). Ketika dalam keadaan kekurangan air, pertumbuhan kangkung darat (*I. reptans*) terhambat, sehingga media air menjadi sangat penting dalam budidaya kangkung. Tanaman ini dapat hidup pada daerah dataran tinggi maupun dataran rendah seperti pada kolam atau rawa-rawa dan juga di tegalan. Pada waktu musim hujan sumber air melimpah, sehingga pada musim hujan adalah waktu terbaik untuk menanam kangkung darat (*I. reptans*) (Setiawati *et al.*, 2007).

Setelah tanaman kangkung (*I. reptans*) yang berasal dari stek berusia 30-40 hari, dapat dilakukan pemangkasan pada bagian ujungnya sepanjang kurang lebih 20 cm sehingga kangkung dapat bercabang lebih banyak. Sedangkan penanaman yang berasal dari benih dapat dipanen ketika telah berusia 60 hari. Hasil pemangkasan pertama dapat dilakukan sebagai produksi awal dan hasil panen selanjutnya dapat dilakukan dengan memangkas pada satu bulan berikutnya.

Kangkung dengan kualitas yang baik dapat menghasilkan 10–16 ton/ha dalam kurun waktu satu tahun dan ketika kangkung telah berusia satu sampai dengan dua tahun perlu dilakukan pergantian terhadap tanaman lama (Setiawati *et al.*, 2007).

2.3 Biologi Pakcoy (*Brassica rapa* L.)

2.3.1 Klasifikasi dan Morfologi

Bentuk morfologi pakcoy (*B. rapa*) disajikan pada Gambar 3, sedangkan klasifikasi atau sistematika dari pakcoy (*B. rapa*) menurut Eko (2007) adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Rhoadales
Famili : Brassicaceae
Genus : Brassica
Spesies : *Brassica rapa* L.



Gambar 3. Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

Pakcoy (*B. rapa*) masih termasuk dalam golongan sayuran sawi yang memiliki bentuk seperti sendok sehingga disebut juga sebagai sawi sendok.

Pakcoy (*B. rapa*) memiliki rasa yang manis dan memiliki daun yang tebal seperti daging sehingga juga disebut sebagai sawi daging. Tanaman ini sering diolah menjadi bahan makanan pembuatan sup dan bahan pelengkap makanan yang berasal dari Cina (Alviani, 2015).

Tanaman pakcoy (*B. rapa*) merupakan salah satu jenis sayuran penting di Asia khususnya pada negara Cina. Pakcoy (*B. rapa*) memiliki daun bertangkai, berbentuk oval, berwarna hijau tua dan mengkilat, tidak membentuk kepala, tumbuh agak tegak atau setengah mendatar, tersusun dalam spiral rapat, melekat pada batang yang tertekan. Tangkai daunnya berwarna putih atau hijau muda, gemuk dan berdaging, tanaman dapat mencapai tinggi 15–30 cm (Cahyono, 2003).

2.3.2 Syarat Tumbuh dan Pemanenan

Pakcoy (*B. rapa*) adalah tanaman sayuran yang termasuk familia *Brassicaceae* memiliki batang pendek dan beruas-ruas, tumbuh baik pada lingkungan yang memiliki iklim yang panas maupun yang lebih dingin serta dapat hidup pada dataran tinggi maupun dataran rendah. Letak lingkungan yang baik untuk penanaman pakcoy yaitu di ketinggian 5-1.200 meter di atas permukaan laut yang memiliki sifat tanah yang gembur, tersedianya unsur hara dan pengairan yang baik (Rukmana, 2007).

Menurut Setiawati *et al.* (2007), pakcoy (*B. rapa*) baik ditanam pada tempat yang mendapatkan cukup sinar matahari dan memiliki nilai pH tanah 5,5 sampai dengan 6. Suhu lingkungan yang baik untuk budidaya pakcoy berkisar antara 20 sampai dengan 25 °C. Jumlah benih yang dapat digunakan per hektar lahan berkisar antara 400 sampai dengan 1000 gram.

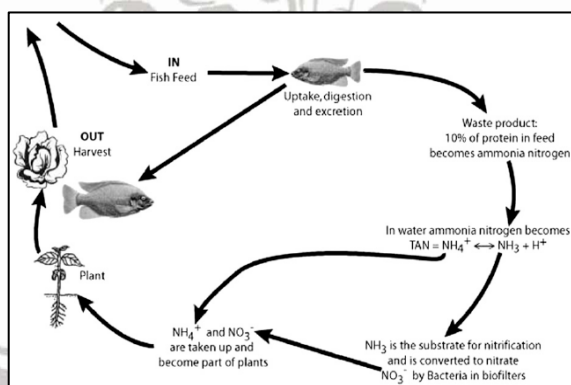
Pemanenan pakcoy dapat dilakukan ketika pakcoy telah memasuki usia ± 45 hari setelah tanam. Hasil produksi per hektar dapat mencapai 20 ton untuk pakcoy (*B. rapa*) jenis kecil dan 30 ton untuk pakcoy (*B. rapa*) jenis besar.

Tanaman sayuran seperti pakcoy membutuhkan penyimpanan pada suhu 0 °C dan RH (kelembapan) 95% agar pakcoy (*B. rapa*) memiliki waktu simpan yang lebih lama, yaitu sekitar 10 hari. (Setiawati *et al.*, 2007).

2.4 Sistem Akuaponik

2.4.1 Pengertian Akuaponik

Akuaponik adalah salah satu budidaya tanaman yang mengkombinasikan budidaya ikan (*recirculating aquaculture*) dengan pertumbuhan tanaman. Ikan menyediakan pupuk yang kaya unsur hara untuk tanaman dalam bentuk kotoran (Annisa *et al.*, 2016). Unsur hara tersebut kemudian dimanfaatkan oleh tanaman dalam sistem akuaponik untuk pertumbuhannya. Keuntungan lain dari kombinasi ini terletak pada banyaknya nutrisi yang berada didalam sistem tidak perlu dihilangkan melalui pertukaran air secara berkala, seperti yang banyak dilakukan dalam sistem akuakultur. Sistem ini menitikberatkan pada simbiosis antara ikan, mikroorganisme dan tanaman, serta mendorong pemanfaatan air dan nutrisi secara berkelanjutan, termasuk daur ulangnya (Gambar 4.). Dalam interaksi sinergis ini, masing-masing kelemahan ekologi akuakultur dan hidroponik dikonversi menjadi kekuatan. Kombinasi ini secara substansial meminimalkan kebutuhan akan *input* nutrisi dan *output* limbah (Annisa *et al.*, 2016).



Gambar 4. Siklus Nitrogen dalam Akuaponik (Tyson *et al.*, 2011).

Bakteri adalah aspek penting dari akuaponik, bakteri nitrifikasi mengubah limbah ikan berupa amonia menjadi nitrat yang dapat dipergunakan sebagai pupuk bagi tanaman. Proses ini dibagi menjadi dua langkah dan dua kelompok bakteri nitrifikasi terlibat. Langkah pertama adalah mengubah amonia menjadi nitrit yang dilakukan oleh bakteri pengoksidasi amonia. Bakteri yang umum diketahui dalam

proses ini berasal genus *Nitrosomonas*. Langkah kedua adalah mengubah nitrit menjadi senyawa nitrat yang dibantu oleh bakteri pengoksidasi nitrit. Bakteri yang umum diketahui dalam proses ini berasal genus *Nitrobacter*. Bakteri nitrifikasi relatif lambat untuk bereproduksi dan memperbanyak koloni oleh karena itu diperlukan kesabaran untuk manajemen sistem akuaponik yang baru (Frincu dan Dumitrache, 2016).

2.4.2 Pemilihan Komoditas Ikan

Sebagai bisnis pokok dalam teknologi akuaponik, pemeliharaan ikan menyumbangkan keuntungan yang lebih besar dibandingkan usaha tanaman sayuran. Beberapa hal yang berkaitan dengan pemeliharaan ikan secara baik dalam teknologi akuaponik antara lain adalah mengenai jenis ikan yang akan dipelihara. Pemilihan jenis ikan yang akan dipelihara merupakan salah satu hal yang perlu dilakukan dengan tepat agar usaha pemeliharaan ikan dalam teknologi akuaponik dapat berjalan dengan baik. Ada beberapa jenis komoditas ikan air tawar yang umumnya dapat dipelihara dalam sistem akuaponik, yaitu ikan nila (*Oreochromis sp.*), patin (*Pangasius sp.*), gurami (*Osphronemus goramy*), tawes (*Barbonymus gonionotus*), mujair (*Oreochromis mossambicus*), ikan mas (*Cyprinus carpio*) dan lele (*Clarias sp.*). Pada umumnya, jenis-jenis ikan tersebut tidak memerlukan pemeliharaan yang relatif rumit, yang terpenting adalah air yang berkualitas baik, tersedia cukup pakan dan benih yang sehat merupakan syarat utama dari pemeliharaan ikan tersebut (Nugroho dan Sutrisno, 2008).

2.4.3 Pemilihan Komoditas Tanaman

Keberhasilan penggunaan sistem akuaponik terutama dalam pemeliharaan tanaman adalah tergantung dari ketepatan pemilihan jenis tanaman. Tanaman yang umumnya memerlukan air secara terus-menerus dapat digunakan dalam

sistem akuaponik. Tanaman yang sering dimanfaatkan dalam sistem akuaponik yaitu seperti kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*). Kedua tanaman tersebut memiliki perakaran yang kuat dan dapat tumbuh pada lingkungan dengan kadar air tinggi. Selain itu tanaman yang dapat digunakan tidak memiliki bobot yang lebih berat dibandingkan dengan bak media tanaman yang digunakan. Tanaman dengan nilai dan jumlah kebutuhan pasokan di pasar yang relatif tinggi juga merupakan salah satu pertimbangan dalam sistem akuaponik. Nilai produk tanaman-tanaman tersebut akan semakin tinggi dibandingkan dengan produk serupa di pasar karena produk tanaman akuaponik dapat dikatakan merupakan produk organik. Sistem akuaponik tidak menggunakan pupuk anorganik dalam pemeliharannya, melainkan hanya dengan air yang telah diperkaya oleh limbah atau kotoran dari kolam ikan (Nugroho dan Sutrisno, 2008).

2.4.4 Teknik Akuaponik

Menurut Somerville *et al.* (2014), terdapat beberapa teknik akuaponik, yaitu seperti *media bed technique*, *nutrient film technique* (NFT) dan *deep water culture technique* (DWC) sebagai berikut:

a) *Media Bed Technique*

Desain dari teknik akuaponik ini efisien terhadap ruang yang akan digunakan, memiliki biaya pengeluaran awal yang relatif rendah dan baik diterapkan bagi pemula yang ingin membuat akuaponik, hal ini dikarenakan kesederhanaannya. Dalam unit *media bed technique*, medium digunakan sebagai substrat akar tanaman dan juga medium yang sama berfungsi sebagai filter, baik mekanik maupun biologis. Fungsi ganda ini adalah alasan utama mengapa media ini adalah media yang paling sederhana. Namun, teknik ini dapat menjadi berat dan relatif mahal pada skala yang lebih besar.

b) **Nutrient Film Technique (NFT)**

Teknik NFT adalah metode yang menggunakan pipa atau talang air diletakkan secara horizontal, masing-masing dialirkan dengan aliran air tipis atau dangkal kaya akan nutrisi yang berasal dari kolam ikan. Tanaman ditempatkan di dalam lubang pipa atau talang air yang diameternya telah disesuaikan. Teknik ini jauh lebih rumit dan mahal daripada *media bed technique* namun sangat berguna dalam aplikasi perkotaan, terutama ketika menggunakan ruang vertikal atau berat beban sistem akuaponik sebagai pertimbangan.

c) **Deep Water Culture Technique (DWC)**

Teknik DWC biasanya dapat menggunakan lembaran *polystyrene* sebagai wadah tumbuh tanaman yang diletakkan ke dalam *netpot* dan yang menjadi prinsip utama dan mendasar dari teknik ini adalah akar tanaman menggantung ke dalam air (akar tergenang air). Metode ini adalah yang paling umum digunakan untuk akuaponik komersial. Kelebihan dari metode ini yaitu pada saat keadaan pompa air tidak menyala, masih terdapat genangan air yang menutupi akar sehingga tanaman tidak mudah layu.

2.4.5 Media Tanam Akuaponik

Sistem budidaya akuaponik sudah lebih maju ketika mulai memasuki tahun 2000. Ikan dipelihara di kolam dan tanaman dibudidayakan di media tanam yang bervariasi (pasir, *rockwool*, sekam bakar dan batu) dengan kondisi lingkungan terkontrol. Sistem akuaponik juga sudah dibudidayakan dalam skala yang beragam, mulai dari skala rumah tangga hingga skala pertanian komersil dengan model yang beragam (Apriyanti dan Rahimah, 2016).

Media tumbuh yang digunakan dapat berupa batu kerikil, pasir malang, batu apung, *hydroton clay*, *perlite* dan *rockwool*. Jenis media tumbuh dapat menyesuaikan dengan kebutuhan dan ketersediaan pada masing-masing daerah.

Namun, untuk jenis media tumbuh *hydroton clay* dan *perlite* harganya masih cukup mahal. Jadi, media tumbuh yang paling efektif saat ini adalah batu kerikil, pasir malang, batu apung dan *rockwool* (Sungkar, 2015).

2.5 Histopatologi

2.5.1 Pengertian dan Manfaat Histopatologi

Histopatologi merupakan metode untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari *xenobiotic* (senyawa asing) dalam jangka pendek maupun jangka panjang pada organisme seperti ikan. Histopatologi mencakup pengamatan pada sel maupun jaringan secara mikroskopik terhadap organisme dan sebagai penentuan semi-kuantitatif dari perubahan suatu jaringan. Perubahan jaringan yang diamati dapat digunakan sebagai biomarker atau respon biologis yang sensitif terhadap efek *xenobiotic* dan memberikan analisis yang lebih baik terhadap efek pencemar (Hertika dan Putra, 2019).

Pemeriksaan histopatologi pada ikan dapat memberikan manfaat yaitu gambaran perubahan jaringan ikan yang terinfeksi penyakit. Diagnosa penyakit merupakan langkah awal yang perlu diterapkan dalam penentuan penyakit ikan. Pada proses diagnosa ini, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu gejala klinis pada ikan yang meliputi tingkah laku, ciri-ciri eksternal maupun internal serta perubahan patologi. Untuk mengetahui perubahan patologi pada ikan yang terserang penyakit, perlu dilakukan pemeriksaan histologi untuk mendeteksi adanya komponen-komponen patogen yang bersifat infeksiif melalui pengamatan secara mikro anatomi terhadap perubahan abnormal tingkat jaringan (Asniatih *et al.*, 2013).

2.5.2 Jaringan Insang sebagai Parameter Uji Histopatologi

Histologi menyediakan metode cepat untuk mendeteksi efek iritasi, terutama yang kronis di berbagai jaringan dan organ. Paparan ikan terhadap kontaminan kimia kemungkinan akan menyebabkan sejumlah lesi pada organ yang berbeda. Insang adalah organ yang sesuai digunakan untuk pemeriksaan histologis yang menentukan efek polusi lingkungan air (Drishya *et al.*, 2016).

Insang adalah organ multifungsi yang dimiliki oleh ikan, organ ini berperan dalam transportasi ion, pertukaran gas dan ekskresi limbah. Organ ini menjadi salah satu target utama dan rute utama masuknya senyawa beracun yang terinduksi melalui air, hal ini dikarenakan insang adalah organ pertama yang bersentuhan dengan polutan lingkungan, sehingga insang menjadi organ yang sensitif dan rentan untuk terjadi perubahan struktur jaringan (Hertika dan Putra, 2019).

2.6 Hematologi

2.6.1 Eritrosit

Menurut Bararah *et al.* (2017), hematologi adalah pemeriksaan yang dilakukan untuk mengetahui keadaan darah dan komponen-komponennya. Darah terdiri dari bagian padat berupa eritrosit, leukosit, trombosit dan bagian cair yang disebut plasma darah. Alamanda *et al.* (2007), menambahkan bahwa pemeriksaan hematologi dilakukan untuk memperoleh status kesehatan ikan dikarenakan terkadang kondisi kesehatan ikan sejak dini tidak terdeteksi secara kasat mata dan tanpa adanya tanda-tanda serangan penyakit.

Eritrosit merupakan sel darah merah yang memiliki jumlah lebih banyak dibandingkan dengan komponen darah lainnya. Eritrosit mengandung hemoglobin dan secara umum eritrosit memiliki keterkaitan dengan fungsi hemoglobin, yaitu

berperan dalam pertukaran gas dan distribusi oksigen ke dalam sel, yang diperlukan oleh sel untuk proses metabolisme (Mallo *et al.*, 2012).

Ikan yang sedang sakit dan nafsu makannya menurun akan berpengaruh terhadap penurunan jumlah eritrosit (Alamanda *et al.*, 2007). Perhitungan jumlah eritrosit dengan melakukan pengamatan menggunakan *haemocytometer* dan ditutup dengan *cover glass* kemudian diamati di bawah mikroskop. Eritrosit pada ikan normal umumnya berkisar antara 20.000-3.000.000 sel/mm³ (Hartika *et al.*, 2014).

2.6.2 Leukosit

Leukosit merupakan sel darah putih yang memiliki fungsi sebagai pertahanan tubuh terhadap penyakit. Leukosit dapat berperan dalam menghilangkan benda asing yang membahayakan untuk tubuh, salah satunya infeksi yang disebabkan oleh patogen melalui sistem tanggap kebal. Ikan yang mengalami sakit akan memproduksi lebih banyak leukosit untuk menekan bakteri dan mensintesis antibodi (Moyle dan Cech, 2004).

Menurut Mas'ud (2013), leukosit berguna dalam menghadang benda asing yang masuk dalam tubuhnya melalui aliran darah. Apabila ada benda asing yang masuk kedalam tubuh maka leukosit akan memberikan respon dengan meningkatkan jumlahnya sebagai bentuk pertahanan tubuh. Respon imun akan meningkat dengan cara mengaktifkan leukosit sehingga leukosit berperan penting dalam sistem kekebalan tubuh.

2.6.3 Hematokrit

Hematokrit merupakan persentase perbandingan antar *keeping* darah dengan plasma darah (Kamiso *et al.*, 1997). Menurut Bond (1979), plasma darah adalah cairan dalam darah yang berwarna jernih yang mengandung mineral-

mineral, hasil buangan jaringan, enzim, antibodi dan gas terlarut. Kisaran kadar hematokrit darah ikan pada kondisi normal sebesar 30,8-45,5 %. Menurut Prayitno (1998) menyatakan ketika kadar hematokrit memiliki nilai dibawah 30% menandakan adanya defisiensi eritrosis.

Menurunnya kadar hematokrit dapat menjadi parameter suatu pakan yang diberikan memiliki kandungan protein yang rendah, terjadinya defisiensi vitamin, maupun terjadinya infeksi pada (Wedemeyer, 1996). Salasia *et al.* (2001) mengemukakan bahwa hasil pemeriksaan kadar hematokrit dapat digunakan sebagai patokan kondisi kesehatan ikan sehingga tidak berpengaruh secara langsung pada respon immunostimulan.

2.6.4 Hemoglobin

Hemoglobin ialah sejenis pigmen yang terdapat dalam sel darah merah, memiliki tugas sebagai pembawa gas oksigen yang berasal dari insang ke seluruh jaringan tubuh yang membutuhkan. Hemoglobin yang mewakili lebih dari 95% dari protein pada sel darah merah, mengandung 60% besi (Fe) dalam tubuh (Boyd, 1990).

Hemoglobin adalah protein yang kaya akan zat besi. Memiliki afinitas (daya gabung) terhadap oksigen dan dengan oksigen itu membentuk oxihemoglobin di dalam sel darah merah. Melalui fungsi ini, maka oksigen dapat dibawa dari organ pernapasan ke jaringan-jaringan yang memerlukan. Hemoglobin merupakan senyawa pembawa oksigen pada sel darah merah. Hemoglobin dapat diukur secara kimia dan jumlah Hb/100 ml darah, dapat digunakan sebagai indeks kapasitas pembawa oksigen pada darah (Irianto, 2005).

2.7 Kualitas Air

2.7.1 Total Amonia Nitrogen (TAN)

Terdapat dua jenis amonia, yaitu amonia terionisasi juga disebut dengan ion amonium (NH_4^+) dan amonia tidak terionisasi (NH_3). Jumlah keduanya ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) disebut total amonia nitrogen (TAN). Toksisitas TAN tergantung pada total amonia yang tidak terionisasi karena NH_3 jauh lebih beracun. pH air berpengaruh terhadap dominasi dari kedua jenis amonia ini. Peningkatan satu unit pH umumnya akan menyebabkan peningkatan sepuluh kali lipat dalam proporsi $\text{NH}_3\text{-N}$ dalam air (Lawson, 1995).

Sumber utama amonia dalam budidaya adalah metabolisme protein dari ikan. Amonia adalah produk limbah utama dan secara pasif diekskresikan ke seluruh insang. Jumlah yang lebih kecil diekskresikan dalam feces dan urin. Makanan yang tidak dimakan dan bahan organik yang membusuk juga merupakan sumber amonia (Miller dan Fowler, 2011).

2.7.2 Nitrit (NO_2)

Nitrit (NO_2) ada sebagai bagian dari oksidasi senyawa amonium (amonia) atau karena reduksi nitrat. Walaupun keberadaannya tidak stabil karena dengan oksidasi akan cepat berubah menjadi nitrat, tetapi nitrit merupakan senyawa yang amat beracun walaupun kadarnya rendah. Cara yang paling sederhana untuk mengurangi kadar nitrit adalah memberi pakan ikan secukupnya, kepadatan ikan tidak terlalu tinggi, dan pergantian air yang rutin (Lesmana, 2015).

Perairan alami biasanya mengandung nitrit (NO_2) dalam jumlah yang sangat sedikit, lebih sedikit daripada nitrat, karena bersifat tidak stabil dengan keberadaan oksigen. Nitrit merupakan bentuk peralihan (*intermediate*) antara amonia dengan nitrat (*nitrifikasi*) dan antara nitrat dengan gas nitrogen (*denitrifikasi*). Ion nitrit dapat berperan sebagai sumber nitrogen bagi tanaman. Nitrit (NO_2) juga beracun

terhadap ikan dan udang karena mampu mengoksidasi Fe^{2+} dalam hemoglobin, sehingga kemampuan darah dalam mengikat oksigen sangat rendah (Effendi, 2003).

2.7.3 Nitrat (NO_3)

Nitrat (NO_3) merupakan unsur hara alami yang berada di perairan yang digunakan sebagai nutrisi utama oleh fitoplankton dan tumbuhan air. (Tatangindatu *et al.*, 2013). Nitrat terbentuk dari hasil oksidasi nitrit oleh bantuan *Nitrobacter* (Fathulloh dan Budiana, 2015). Berbeda dengan amonia, nitrat tidak bersifat beracun bagi ikan (Iqbal dan Wisbarti, 2017).

Secara biologis, di alam sebenarnya dapat terjadi perombakan amonia menjadi nitrat (NO_3), suatu bentuk yang tidak berbahaya, dalam proses nitrifikasi dengan bantuan bakteri nitrifikasi, terutama *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Selain memerlukan bakteri tersebut, dalam proses perombakan ini juga diperlukan sejumlah oksigen yang cukup di dalam air. Proses nitrifikasi memerlukan sumber karbon dan oksigen yang cukup sebagai energi (Kordi, 2010).

2.7.4 Ortofosfat (PO_4)

Fosfat yang masuk ke dalam perairan melalui aktivitas budidaya ikan berasal dari sisa pakan yang terbuang. Pakan yang diberikan kepada ikan tidak semua dapat ditangkap oleh ikan, sebagian hanyut terbawa arus dan turbulensi air yang disebabkan oleh pergerakan ikan saat menangkap makanan. Hancuran pakan berupa pellet biasanya terbawa pada saat pemberian pakan dan hancuran yang berukuran kecil tersebut tidak ditangkap oleh ikan. Proporsi pakan yang dapat ditangkap dan ditelan oleh ikan, hanya sebagian yang diasimilasi, sedangkan yang lainnya dibuang sebagai faeces. Selanjutnya dari total proporsi yang diasimilasi, hanya sebagian kecil yang digunakan sebagai sumber energi dan

pertumbuhan, karena sebagian dibuang melalui proses ekskresi (Tatangindatu *et al.*, 2013)

Yanuhar (2019) menambahkan bahwa fosfor menjadi unsur pembatas dalam pertumbuhan fitoplankton. Masuknya fosfat ke dalam perairan dapat mempengaruhi pertumbuhan organisme perairan dan semakin tinggi tingkat konsentrasi fosfat dapat menyebabkan *blooming* alga di suatu perairan. Unsur ortofosfat bisa dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman, sehingga dalam sistem akuaponik unsur tersebut dapat dijadikan sebagai salah satu nutrisi oleh tanaman untuk pertumbuhannya.



BAB III. KERANGKA PENELITIAN

3.1 Landasan Teori

Penelitian ini mengacu pada penelitian terdahulu, dimana akuaponik diterapkan sebagai alternatif pengelolaan limbah budidaya ikan dengan menggunakan tanaman. Tanaman tersebut berperan dalam degradasi limbah budidaya. Berdasarkan penelitian terdahulu, diketahui bahwa sistem akuaponik dapat memperbaiki kualitas air media pemeliharaan ikan. Tanaman dalam sistem akuaponik dapat memanfaatkan limbah N budiaya ikan untuk pertumbuhannya. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Wijaya *et al.* (2014) menunjukkan bahwa sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dapat memperbaiki kualitas air budiaya ikan lele dengan perlakuan terbaik pada padat tebar ikan 400 ekor, memiliki kisaran amonia selama 30 hari pemeliharaan sebesar 0,3498 mg/l. Begitu juga pada penelitian yang dilakukan oleh Prahesti *et al.* (2019), menunjukkan bahwa sistem akuaponik dengan menggunakan tanaman pakcoy (*B. rapa*) dapat menjaga kualitas air budidaya ikan mas selama pemeliharaan dengan kisaran amonia sebesar 0,04 mg/l.

Pemanfaatan unsur hara oleh tanaman dalam sistem akuaponik tidak terlepas dari bantuan bakteri nitrifikasi. Bakteri ini berperan penting dalam merombak senyawa N dari limbah menjadi senyawa yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Bakteri nitrifikasi sangat membantu dalam menjaga kualitas air agar selalu dalam keadaan yang optimal bagi kelangsungan hidup ikan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tyson *et al.* (2004) menunjukkan bahwa proses nitrifikasi yang dilakukan oleh bakteri, berperan penting dalam menyediakan unsur hara untuk tanaman dalam sistem akuaponik. Berlangsungnya proses nitrifikasi dapat terlihat melalui konversi amonia menjadi nitrat, secara signifikan proses ini terjadi lebih

cepat pada pH 8,5 daripada pH 7,5 atau 6,5. Namun di dalam sistem akuaponik, nilai pH harus dipertahankan pada kisaran 6,5-7,0, hal ini dilakukan agar kondisi pH dapat sesuai, baik untuk kehidupan bakteri, ikan dan tanaman.

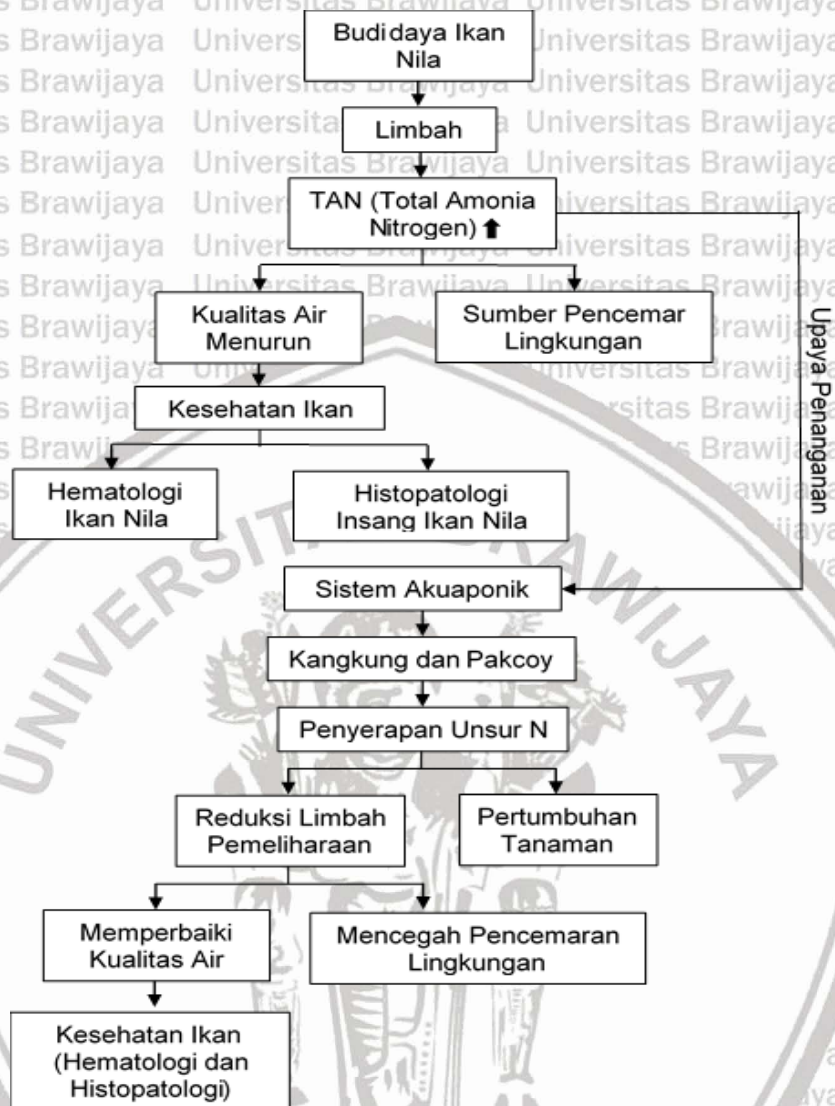
3.2 Kerangka Konsep

Selama pemeliharaan ikan nila (*Oreochromis sp.*) berlangsung, khususnya dalam sistem intensif atau dengan padat penebaran tinggi akan menghasilkan jumlah limbah yang besar. Limbah tersebut bersumber dari sisa pakan yang tidak termakan dan juga sisa hasil metabolisme ikan. Salah satu limbah yang berbahaya yaitu N dalam bentuk amonia (NH_3). Amonia dapat menurunkan kualitas air selama pemeliharaan berlangsung serta dapat menjadi sumber pencemar lingkungan.

Jika terakumulasi secara terus menerus dalam media budidaya, amonia akan mempengaruhi kesehatan ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dapat ditinjau dari hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*). Penelitian ini dilakukan berupaya untuk mengatasi permasalahan atau dampak negatif tersebut, yaitu dengan menerapkan sistem akuaponik. Akuaponik merupakan gabungan antara budidaya perikanan dengan budidaya tanaman dalam satu sistem resirkulasi.

Sistem akuaponik dalam penelitian ini menggunakan dua jenis tanaman berbeda yaitu menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*), kedua tanaman ini memiliki beberapa kelebihan yaitu seperti memiliki nilai ekonomis, harga benih murah dan mudah diperoleh serta dapat menyerap unsur N selama pemeliharaan ikan berlangsung. Penyerapan unsur N oleh tanaman dapat memperbaiki kualitas air serta dapat dipergunakan oleh tanaman sebagai unsur hara dalam pertumbuhannya. Sehingga pada penelitian ini diharapkan sistem akuaponik dapat menjaga kualitas air selama pemeliharaan dan menjaga

kesehatan ikan yang ditebar dengan kepadatan yang tinggi. Kerangka konsep penelitian ini tersaji pada Gambar 5. berikut:



Gambar 5. Kerangka Konsep Penelitian.

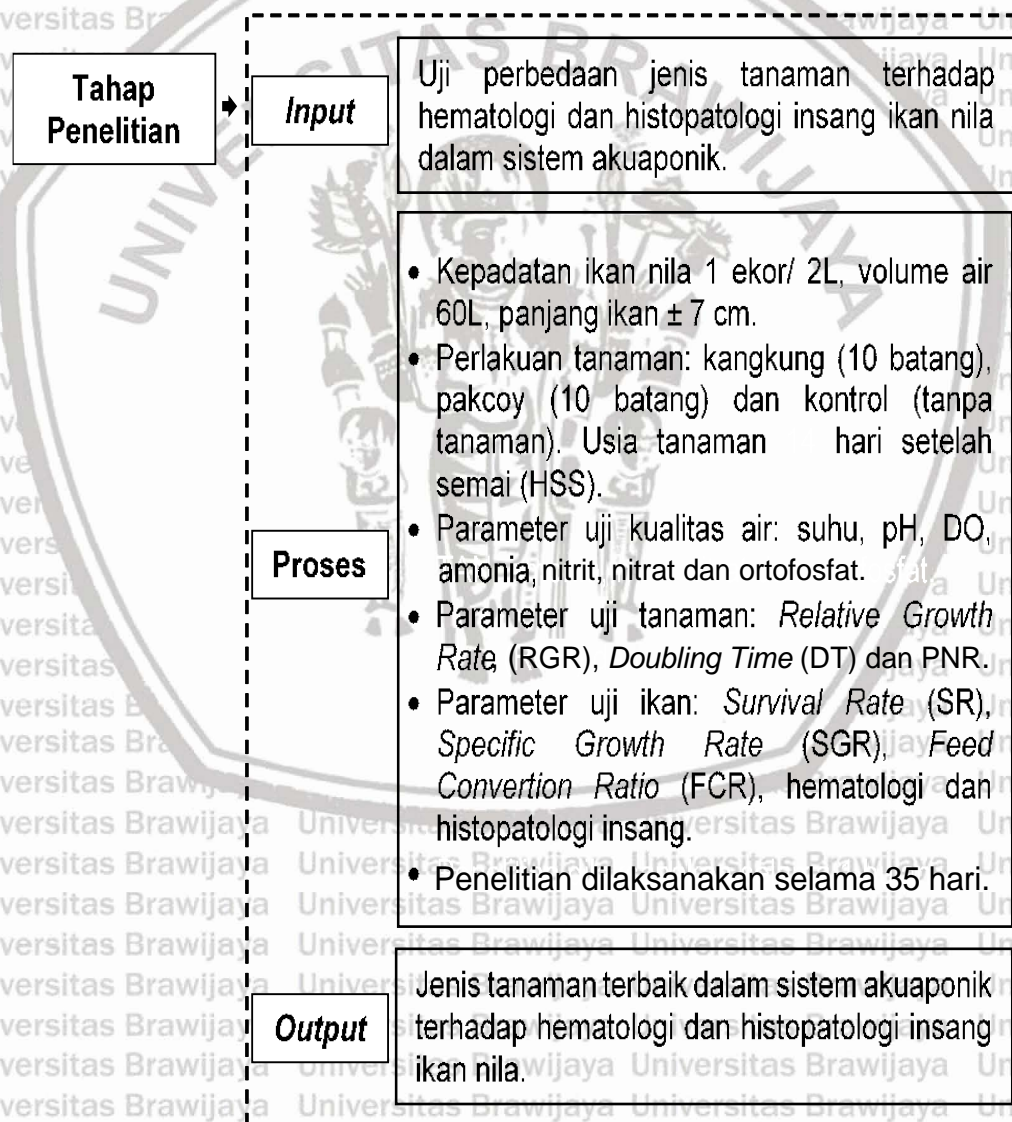
3.3 Kerangka Operasional Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menguji perbedaan jenis tanaman terhadap hematologi dan histopatologi ikan nila (*Oreochromis sp.*) dalam sistem akuaponik.

Padat penebaran ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang digunakan yaitu 1 ekor/ 2L air, ukuran panjang ikan ± 7 cm dengan volume air pemeliharaan 60L. Perlakuan tanaman yang diuji berupa tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*),



serta kontrol tanpa menggunakan tanaman. Usia tanam kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) yang digunakan yaitu 7 HSS (Hari Setelah Semai). Parameter yang akan diamati sebagai acuan penentu perlakuan terbaik berupa parameter uji kualitas air harian berupa suhu, pH dan DO, kualitas air mingguan berupa amonia, nitrit, nitrat dan ortofosfat. Parameter uji tanaman berupa RGR, DT dan *Percentage of Nitrogen Reduction* (PNR). Parameter uji ikan nila (*Oreochromis sp.*) berupa kelangsungan hidup dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis sp.*) berupa SR, SGR dan FCR, serta hematologi dan histopatologi insang. Kerangka operasional penelitian ini tersaji pada Gambar 6. berikut:



Gambar 6. Kerangka Operasional Penelitian.

3.4 Mapping Jurnal

Berikut adalah daftar penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini dilakukan, tersaji pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Daftar Penelitian Terdahulu.

No	Judul	Tahun	Peneliti	Hasil
1.	Suitable Stocking Density of Tilapia in an Aquaponic System	2010	Rahmatullah, R., M. Das dan S. M. Rahmatullah	Pemanfaatan tanaman kangkung darat (<i>Ipomoea reptans</i>) dan talas (<i>Colocasia esculenta</i>) dalam sistem akuaponik memberikan hasil terbaik pada perlakuan padat penebaran ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) 106 ekor/m ³ , dengan nilai <i>specific growth rate</i> (SGR) 3,59%; <i>feed conversion ratio</i> (FCR) 2,19 dan <i>survival rate</i> (SR) 99%. Parameter kualitas air selama penelitian yaitu suhu 28-33; <i>dissolved oxygen</i> (DO) 6,2-8,5 mg/l; pH 8,07- 8,53; alkalinitas 40-78 mg/l; nitrit 0,01-0,50 mg/l dan nitrat 0,03-1,16 mg/l.
2.	Teknologi Akuaponik dengan Tanaman yang Berbeda Terhadap Performa Pertumbuhan Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	2015	Hartami, P., N. Syahputra dan Erlangga	Sistem akuaponik menggunakan tanaman kangkung memperoleh hasil terbaik baik dalam kualitas air maupun pertumbuhan ikan yang dipelihara dibandingkan dengan perlakuan tanaman sawi, selada dan kontrol (tanpa tanaman). Kelangsungan hidup ikan nila pada perlakuan kangkung sebesar 96,66% dan

No	Judul	Tahun	Peneliti	Hasil
				pertumbuhan rata-rata selama pemeliharaan sebesar 9,68 gr, serta nilai FCR sebesar 1,08. Kisaran kulaitas air amonia pada perlakuan ini yaitu sebesar 0-0,16 mg/l.
3.	Nitrogen Removal of Aquaculture Wastewater in Aquaponic Recirculation System	2015	Wahyuningsih, S., H. Effendi dan Y. Wardiatno	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan akuapoik dengan penambahan bakteri nitrifikasi ke dalam sistem memberikan hasil terbaik dalam mengurangi kadar nitrogen dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sistem ini dapat menurunkan nitrogen sebesar 91,50% (amonia), 34,41% (amonium), 13,58% (nitrat) dan 49,74% (nitrit).
4.	Use of <i>Bacillus</i> spp. to Enhance Phosphorus Availability and Serve as A Plant Growth Promoter in Aquaponics Systems	2016	Cerozi, B. S. dan K. Fitzsimmons	Penambahan bakteri <i>Bacillus</i> spp. memberikan dampak pada pertumbuhan tanaman selada (4,09 g) yang disebabkan oleh karena terjadinya peningkatan akumulasi P dalam jaringan tanaman (0,54 g) dan meningkatkan indeks klorofil dalam daun (7,27).
5.	Reducing Ammonia and Chromium Concentration in Batik Wastewater by Vetiver	2018	Effendi, H., J. A. Margaretha dan M. Krisanti	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan vetiver dalam mengurangi konsentrasi NH ₃ dan NH ₄ ⁺ , TAN, BOD, COD,

No	Judul	Tahun	Peneliti	Hasil
	(<i>Chrysopogon zizanioides</i> L.) Grown in Floating Wetland			dan total chromium dari limbah batik. Perlakuan terdiri dari PL0 (0% limbah), PL50 (50% limbah) dan PL75 (75% limbah). Hasil penelitian ini menunjukkan perlakuan PL50 adalah konsentrasi yang paling sesuai dalam memperbaiki parameter kualitas air dengan reduksi kadar TAN sebesar 81,69%, NH ₄ ⁺ sebesar 77,50%, NH ₃ sebesar 84,51%, BOD sebesar 98,47% dan reduksi kadar COD sebesar 89,05%.
6.	Applications of Aquaponics on Pakcoy (<i>Brassica rapa</i> L) and Nila fish (<i>Oreochromis niloticus</i>) to The Concentration of Ammonia, Nitrite and Nitrate	2018	Deswati, N. Febriani, H. Pardi, Y. Yusuf dan H. Suyani	Penelitian ini menggunakan tanaman pakcoy (<i>Brassica rapa</i> L.) untuk memanfaatkan limbah budidaya ikan nila. Hasil parameter kualitas air yang diperoleh selama penelitian yaitu, pH 7,7-8,09; DO tertinggi sebesar 7,5 mg/l, COD pada awal penelitian sebesar 6,0984 dan meningkat pada hari ke-10 dan 20 (6,2080 mg/L dan 9,5232 mg/L), kemudian konsentrasinya menurun pada hari ke-30; amonia 3,231-8,989 mg/l; NO ₂ 0,008-0,760 mg/l dan NO ₃ 1,046-2275 mg/l.
7.	Fitoremediasi Limbah Budidaya Ikan Koi (<i>Cyprinus carpio</i>) dengan	2019	Utami, T., S., B., Z. Hasan, M. L.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan tanaman

No	Judul	Tahun	Peneliti	Hasil
	Beberapa Tanaman Sayuran dalam Sistem Resirkulasi Akuaponik		Syamsuddin dan H. Hamdani	pakcoy lebih efektif dalam mereduksi amonia dibandingkan dengan perlakuan lainnya dengan rata-rata penurunan terbesar 32,0347 % pada pemeliharaan ikan koi. Penurunan amonia terbaik pada perlakuan pakcoy juga memberikan hasil kelangsungan hidup ikan koi sebesar 100%.
8.	Pertumbuhan dan Sintasan Ikan Nila, <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758) pada Sistem Akuaponik dengan Padat Tanaman Vetiver (<i>Vetiveria zizanioides</i> L. Nash) yang Berbeda	2019	Widyatmoko, H. Effendi dan N. T. M. Pratiwi	Perlakuan akuaponik pada penelitian ini menggunakan tanaman akar wangi dengan kepadatan 400 gr dan 800 gr. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kepadatan 800 gr memberikan hasil terbaik dalam pemeliharaan ikan nila dengan penambahan bobot ikan sebesar 19 gr, penambahan panjang ikan sebesar 2,640 cm, serta nilai kelangsungan hidup ikan sebesar 100%.

3.5 Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis* sp.) adalah sebagai berikut:



H₀: Aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman tidak berpengaruh terhadap hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*).

H₁: Aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman berpengaruh terhadap hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*).



BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian “pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*)” dilaksanakan bertempat di Laboratorium Budidaya Ikan, Divisi Reproduksi Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian ini akan dilaksanakan mulai pada tanggal 4 Januari 2021 sampai dengan tanggal 4 April 2021.

4.2 Alat dan Bahan Penelitian

4.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian diantaranya adalah sebagai berikut:

- Akuarium 60x40x30 cm
- Selang $\frac{5}{8}$ "
- *Knee drat* dalam $\frac{1}{2}$ "
- *Sock drat* luar 1"
- *Netpot*
- *Rockwool*
- Termometer
- Nampan
- *Beaker glass* 50 ml
- *Washing bottle*
- Rak tabung reaksi
- Spatula kaca
- Baki
- Pipa $\frac{1}{2}$ "
- *Double nepel* $\frac{1}{2}$ "
- *Sock drat* dalam 1"
- *Impraboard*
- *Seal tape*
- pH meter
- Gelas ukur 10 ml
- Bola hisap
- Tabung reaksi
- *Hote plate*
- Erlenmeyer 50 ml
- Pompa air
- *Ballvalve stop Kran* $\frac{1}{2}$ "
- *Tee drat* dalam $\frac{1}{2}$ "
- Pipa 1"
- Wadah semai
- DO meter
- Timbangan digital
- Gelas ukur 25 ml
- Pipet volume 5ml
- Pipet tetes
- Krush porselin
- Pipet volume 10 ml

- Cuvet
- Baskom
- Pipet thoma
- Cover glass
- Tabung mikrohematokrit
- Sectio set
- Object glass
- Water bath
- Spektrofotometer
- Suiset 1 ml
- Haemocytometer
- Mikroskop
- Centrifuge
- Pot film
- Mikrotom
- Oven
- Sesar
- Serbet
- Eppendorf
- Pipet mikrohematokrit
- Penggaris
- Hb meter
- Tabung auto technicon

4.2.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian diantaranya adalah sebagai berikut:

- Ikan nila 6-8 cm
- Probiotik
- Nessler
- Asam fenol disulfonik
- SnCl₂
- Larutan turk
- HCl
- Alkohol 70, 80, 90, 96%
- HE (haematoxylin eosin)
- Polyilisin
- Benih kangkung
- Pakan ikan
- NED
- NH₄OH 1:1
- Na sitrat 3,8%
- Lilin malam
- Formalin 10%
- Alkohol absolute
- Parafin cair
- Benih pakcoy
- Akuades
- Sulfanilamide
- Amonium molibdat
- Larutan hayem
- Tissue
- Larutan davidson's
- Xylol
- DPX Mounting

4.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dijalankan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode eksperimental. Eksperimental merupakan jenis penelitian yang memanipulasi (mengatur, merencanakan) atau mengontrol (mengendalikan) situasi

alamiah menjadi situasi *artificial* (buatan) sesuai dengan tujuan penelitian.

Penelitian eksperimental memungkinkan peneliti mengambil kesimpulan adanya hubungan sebab-akibat diantara variabel-variabel dan hubungan ini sifatnya empirik. Penelitian eksperimental juga lebih memungkinkan diperolehnya kesimpulan yang valid (sahih) mengenai sebab-akibat dibandingkan dengan yang bisa diperoleh oleh metode lain (Amirin,1990).

4.4 Pengambilan Data

Teknik pengambilan data yang dilakukan yaitu dengan cara observasi langsung, yaitu peneliti mengadakan pengamatan terhadap fenomena subjek yang diteliti secara langsung maupun secara buatan dengan menggunakan alat dan bahan yang telah ada untuk digunakan maupun alat yang diciptakan untuk keperluan khusus penelitian (Surachmad, 1975).

4.5 Rancangan Penelitian

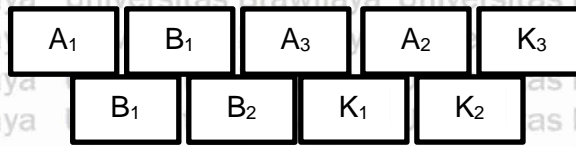
Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan rancangan penelitian yang dilaksanakan pada percobaan menggunakan media yang seragam atau homogen.

Rancangan penelitian RAL dapat digunakan dalam percobaan skala laboratorium yang dimana memiliki media yang homogen sehingga tidak memberikan dampak atau pengaruh terhadap respon yang akan diamati (Sastrosupadi, 2000).

Rancangan acak lengkap memiliki manfaat kegunaan yaitu seperti memiliki denah percobaan yang lebih ringkas, sederhana dalam pengujian analisis statistik dan adaptif dalam menentukan jumlah perlakuan dan ulangan (Pratisto, 2004).

Penelitian ini melakukan pemeliharaan ikan nila (*Oreochromis sp.*) dalam sistem akuaponik dengan kombinasi perlakuan perbedaan padat tebar ikan nila (*Oreochromis sp.*) dengan perlakuan perbedaan jenis tanama. Penelitian ini

menggunakan RAL dengan 3 kali ulangan yang ditempatkan secara acak dengan cara diundi seperti pada denah penelitian (Gambar 7.) berikut:



Gambar 7. Denah Penelitian Akuaponik.

Keterangan:

- A : tanaman kangkung (*I. reptans*).
 B : tanaman pakcoy (*B. rapa*).
 K : kontrol (tanpa tanaman)
 1, 2, 3 : ulangan.

4.6 Prosedur Penelitian

4.6.1 Persiapan Sistem Akuaponik

Persiapan penelitian dimulai dengan membuat sistem akuaponik sederhana.

Berikut adalah langkah-langkah dalam mempersiapkan sistem akuaponik:

1. Menyiapkan akuarium berukuran 60 cm x 40 cm x 30 cm sebanyak 9 unit.

Akuarium dicuci dengan sabun dan dikeringkan di bawah sinar matahari.

Setelah itu akuarium diletakkan pada tempat yang telah ditentukan.

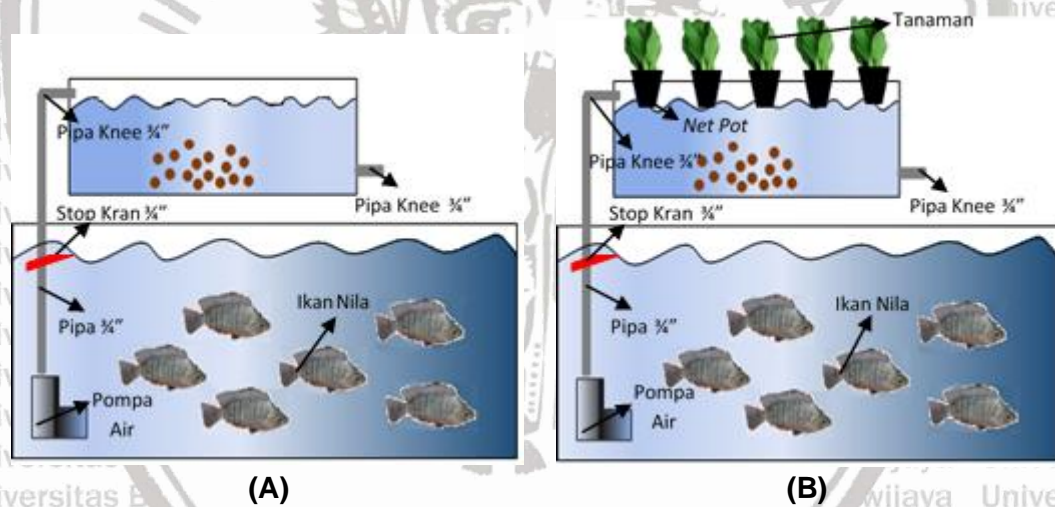
2. Melakukan pemasangan alat-alat rangkaian sistem akuaponik pada akuarium yang meliputi pompa air, pipa PVC $\frac{3}{4}$ ", stop keran $\frac{3}{4}$ ", pipa knee $\frac{3}{4}$ ", baki hidroponik dan *netpot*.

3. Alat-alat tersebut disusun sedemikian rupa, hingga kurang lebih terbentuk seperti pada Gambar 8.

4. Setelah pemasangan rangkaian selesai, masing-masing akuarium diisi air hingga ketinggian 25 cm (60L) dan diatur debit air sebesar 2,5 L/menit (Candra *et al.*, 2020).

Setelah pemasangan instalasi akuaponik selesai, dilanjutkan dengan mempersiapkan tanaman yang akan digunakan. Berikut adalah langkah-langkah dalam mempersiapkan tanaman:

1. Menyiapkan alat dan bahan berupa *rockwool*, tusuk gigi, *cutter*, *tray* semai, *sprayer*, benih kangkung (*I. reptans*) dan benih pakcoy (*B. rapa*).
2. Memotong *rockwool* menggunakan *cutter* sampai sesuai dengan ukuran *tray* semai yang digunakan. Letakkan *rockwool* pada *tray* semai dan lubangi bagian tengah *rockwool* menggunakan tusuk gigi dan masukkan benih kedalamnya.
3. Membasahi *rockwool* yang sudah terisi benih dengan air menggunakan *sprayer*. Jauhkan benih dari sinar matahari secara langsung selama 2 hari sampai benih mulai berkecambah.
4. Setelah berkecambah, memindahkan tanaman pada tempat yang terjangkau oleh sinar matahari. Penyemaian dilakukan selama 2 minggu hingga siap ditanam ke dalam sistem akuaponik.



Gambar 8. Skema Penelitian (A: Kontrol, B: Perlakuan Tanaman) (Sumber: Dokumentasi Pribadi).

4.6.2 Pengambilan Darah

Pengambilan darah ikan pada penelitian ini dilakukan di akhir penelitian.

Menurut Putri *et al.* (2014), teknik pengambilan darah ikan meliputi beberapa cara yaitu teknik *severing caudal peduncle* yaitu dilakukan melalui bagian ekor ikan,

teknik *puncturing the caudal vessel* yaitu dilakukan pada pembuluh darah bagian caudal, teknik *cardiac puncture* yaitu dilakukan pada bagian jantung dan teknik *punctie aorta* yaitu dilakukan pada bagian dorsal. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teknik *puncturing the caudal vessel* yang melakukan pengambilan darah di bagian pembuluh darah pada bagian caudal. Metode ini dipilih karena tidak mematikan ikan dan mendapatkan darah yang banyak. Prosedur kerja pengambilan darah ikan yaitu dilakukan dengan menggunakan spuit yang telah dibasahi Na Citrat 3,8 % sebagai anti koagulan. Pengambilan darah dilakukan di pangkal ekor dengan cara disuntik dengan posisi jarum 45°, darah yang telah diperoleh diletakkan pada eppendorf (Hastuti dan Karoror, 2008; Andayani *et al.*, 2017).

4.6.3 Pengambilan Insang

Pengambilan insang pada penelitian ini dilakukan di awal penelitian. Ikan diambil insangnya untuk diamati histopatologi insang ikan. Sampel insang diambil dengan cara mematikan ikan nila (*Oreochromis sp.*) terlebih dahulu, kemudian organ insang diambil dan dimasukkan ke dalam botol berupa pot film dan diberi bahan larutan fiksasi berupa larutan formalin 10%. Setelah itu dilanjutkan dengan pembuatan preparat untuk histopatologi yang akan diamati (Andayani *et al.*, 2017).

4.6.4 Pembuatan Histopatologi Insang

Setelah masa adaptasi selesai, insang ikan diambil sebagai sampel untuk diamati histopatologinya, berikut tahapan pembuatan histopatologi insang ikan yang mengacu pada Andayani *et al.* (2017):

1. Fiksasi: sampel insang yang akan diamati jaringannya diambil. Jaringan yang diperoleh direndam ke dalam larutan davidson's selama 24 jam.

2. Dehidrasi: tahapan ini bertujuan menarik air secara perlahan menggunakan *auto technicon* yang terdiri dari alkohol 70% dalam waktu 1 jam, alkohol 80% dalam waktu 1 jam, alkohol 90% dalam waktu 2 jam, alkohol 96% dalam waktu 2 jam, alkohol *absolute* 1 dalam waktu 2 jam dan alkohol *absolute* 2 dalam waktu 2 jam.
3. *Clearing*: tahap *clearing* bertujuan membuat jaringan menjadi transparan dan menghilangkan alkohol dari jaringan dengan cara mencelupkan jaringan kedalam larutan xylol 1 dalam waktu 1 jam, xylol 2 dalam waktu 2 jam dan xylol 3 dalam waktu 2 jam.
4. Impregnasi: tahap impregnasi bertujuan membuat keadaan jaringan dengan bahan pengeblokan (*embedding*) menjadi sama dengan cara mencelupkan jaringan kedalam parafin cair pada suhu 56-60 °C dalam waktu 2 jam sebanyak 2 kali ulangan.
5. *Embedding* (Pengeblokan): tahap *embedding* bertujuan mempermudah melakukan penyayatan menggunakan mikrotom. Setelah itu hasil sayatan yang diperoleh dicelupkan ke dalam *water bath* pada suhu 40 °C, kemudian hasil sayatan diletakkan pada *object glass*. *Object glass* yang akan digunakan diolesi terlebih dahulu dengan perekat polyisin dan dikeringkan pada oven dengan suhu 50-60°C selama 30 menit.
6. Pewarnaan Jaringan: tahap ini dilakukan dengan menggunakan HE (*Haematoxylin Eosin*) dalam beberapa tahapan, yaitu pertama tahap deparafinisasi, yang kedua tahap hidrasi, yang ketiga tahap cat utama, yang keempat tahap dehidrasi dan tahap yang terakhir *clearing*.
7. *Mounting*: tahapan ini merupakan prosedur akhir dalam pembuatan preparat sebelum diamati secara makroskopik dan mikroskopik bertujuan untuk mempermudah saat pengamatan. Preparat direkatkan DPX *mounting* medium, setelah itu preparat ditutup dengan *cover glass* sampai mengering.

Pewarnaan dengan HE akan menimbulkan warna ungu tua pada inti yang bersifat asam akan berwarna ungu tua oleh Haematoksilin yang bersifat basa dan sitoplasma yang bersifat basa akan berwarna merah oleh eosin yang bersifat asam.

4.7 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan memasukkan ikan nila (*Oreochromis sp.*) ukuran ± 7 cm dengan padat tebar 30 ekor pada setiap masing-masing perlakuan ke akuarium dengan volume air 60 L. Ikan nila (*Oreochromis sp.*) diadaptasikan pada akuarium selama 1 minggu. Setelah itu dilakukan penanaman tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) pada masing-masing perlakuan dengan usia tanaman 7 HSS ke dalam baki hidroponik dengan jumlah 10 tanaman pada setiap masing-masing perlakuan dan dilakukan penambahan bakteri nitrifikasi yang bersumber dari probiotik komersil sebagai *starter* bakteri. Ikan nila (*Oreochromis sp.*) diberi pakan komersil sebesar 3% dari berat total biomassa setiap harinya (Yuliati *et al.*, 2003; Hartami *et al.*, 2015; Sukoco *et al.*, 2016). Pemberian pakan dilakukan dengan cara ditimbang pakan sesuai dengan kebutuhan ikan setiap harinya dan dilakukan penimbangan ulang setiap satu minggu sekali. Selama masa pemeliharaan, ikan diberi pakan dengan frekuensi 2 kali sehari (pukul 08.00 dan 13.00 WIB). Pengukuran parameter kualitas berupa kualitas air harian berupa suhu, pH dan DO 2 kali sehari (pukul 08.00 dan 14.00 WIB) dan kualitas air yang diuji setiap minggunya berupa amonia, nitrit, nitrat dan ortofosfat. Parameter uji tanaman berupa *relative growth rate* dan *doubling time*. Parameter uji ikan nila (*Oreochromis sp.*) berupa kelangsungan hidup (*survival rate*), pertumbuhan (*specific growth rate* dan *feed conversion rate*), serta faktor kondisi kesehatan dari ikan nila (*Oreochromis sp.*)

berupa uji hematologi dan histopatologi insang yang diamati pada akhir penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan selama 35 hari.

4.8 Parameter Uji

4.8.1 Parameter Uji Kualitas Air

Parameter kualitas air yang di ujikan dalam penelitian ini disajikan pada

Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Parameter Uji Kualitas Air.

No.	Parameter	Satuan	Metode/alat
Fisika			
1.	Suhu	°C	Termometer
Kimia			
2.	pH	-	pH meter
3.	Oksigen terlarut	mg/L	DO meter
4.	TAN (NH ₃ -N)	mg/L	Spektrofotometer
5.	Amonia (NH ₃)	mg/L	Nilai pKa (Strickland dan Parsons, 1072)
6.	Nitrit (NO ₂)	mg/L	Spektrofotometer
7.	Nitrat (NO ₃)	mg/L	Spektrofotometer
8.	Ortofosfat (PO ₄)	mg/L	Spektrofotometer

Nilai dari konsentrasi amonia (NH₃) dan ammonium (NH₄⁺) dapat diketahui dengan cara melibatkan nilai total amonia nitrogen (TAN), pH dan nilai pKa berdasarkan deret nilai suhu yang mengacu pada Strickland dan Parsons (1972), yaitu sebagai berikut:

$$NH_4^+ \text{ (mg/L)} = \frac{TAN}{1 + \text{antilog} (pKa - pH)}$$

$$NH_3 \text{ (mg/L)} = TAN - NH_4^+$$

Tabel 3. Nilai pKa Berdasarkan Deret Nilai Suhu.

Suhu (°C)	5	10	15	20	25	30
pKa	9,90	9,73	9,56	9,40	9,24	9,09



4.8.2 Parameter Uji Tanaman

1. Pertumbuhan Tanaman

Analisis parameter pertumbuhan kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) dihitung dengan menentukan *relative growth rate* (RGR) tanaman yaitu perbandingan antara bobot basah awal dengan bobot basah akhir. Sedangkan nilai doubling time (DT) menggunakan rumus (Mitchell, 1974) sebagai berikut:

$$RGR = \frac{\ln X_t - \ln X_0}{t}$$

$$DT = \frac{\ln 2}{RGR}$$

Keterangan:

RGR : pertumbuhan spesifik harian (gram/hari).

X_t : biomassa setelah waktu ke-t.

X₀ : biomassa awal.

t : waktu pengamatan.

DT : waktu penggandaan biomassa (hari).

2. Percentage of Nitrogen Reduction

Selama penelitian berlangsung, persentase pengurangan nutrient dapat dilakukan dengan cara membandingkan nilai nutrient pada perlakuan pemberian tanaman dengan perlakuan kontrol. Persentase *nutrient removal* dapat diketahui dengan menggunakan rumus dari Zhou *et al.* (2006) sebagai berikut:

$$NR = \frac{C_a - C_b}{C_a} \times 100\%$$

Keterangan:

NR : *nutrient removal* (%)

C_a : konsentrasi nutrient pada kontrol (mg/L).

C : konsentrasi nutrient pada perlakuan (mg/L).

4.8.3 Parameter Uji Ikan

1. Survival Rate (SR)

Parameter tingkat kelangsungan hidup atau *survival rate* dari ikan nila (*Oreochromis sp.*) diperoleh dengan mengacu pada rumus Effendie (1979) sebagai berikut:

$$SR = \frac{Nt}{No} \times 100\%$$

Keterangan:

- SR : kelangsungan hidup hewan uji (%).
- Nt : jumlah ikan uji pada akhir penelitian (ekor).
- No : jumlah ikan uji pada awal penelitian (ekor).

2. Specific Growth Rate (SGR)

Specific growth rate atau laju pertumbuhan spesifik merupakan % dari selisih berat akhir dan berat awal, dibagi dengan lamanya waktu pemeliharaan. Menurut Elliot dan Hurley (1995), rumus perhitungan laju pertumbuhan spesifik adalah sebagai berikut:

$$SGR = \frac{\ln Wt - \ln Wo}{T} \times 100\%$$

Keterangan:

- SGR : persentase berat rata-rata individu per hari (% Berat tubuh/hari).
- Wt : berat rata-rata pada waktu ke-t (g).
- Wo : berat rata-rata awal (g).
- T : waktu (hari).

3. Feed Conversion Ratio (FCR)

Feed conversion ratio atau perhitungan konversi pakan dilakukan dengan menggunakan rumus dari Tacon (1987) yaitu sebagai berikut:

$$FCR = \frac{F}{(Wt + D) - Wo}$$

Keterangan:

- FCR : rasio konversi pakan.
- Wt : bobot biomassa hewan uji pada akhir penelitian (gr).
- Wo : bobot biomassa hewan uji pada awal penelitian (gr).
- D : jumlah bobot hewan uji yang mati (gr).
- F : jumlah pakan yang diberikan (gr).

4. Uji Hematologi

Uji hematologi pada meliputi eritrosit, leukosit, diferensial leukosit, hematokrit dan hemoglobin. Berikut adalah penjelasan metode dari uji hematologi:

a. Eritrosit

Prosedur perhitungan jumlah eritrosit menurut Andayani *et al.* (2017) yaitu pertama darah ikan yang diperoleh dihisap dengan menggunakan pipet thoma bulir pengaduk merah sampai pada skala 1, kemudian menambahkan larutan Hayem's hingga skala 101. Darah dalam pipet diaduk dengan diayunkan membentuk angka delapan selama 5 menit hingga tercampur merata. Tetesan darah pertama dalam pipet dibuang sebanyak 2 tetes yang diasumsikan tidak homogen. Selanjutnya darah di teteskan pada *haemocytometer* dan ditutup oleh *cover glass*. Hitung jumlah sel darah merah menggunakan mikroskop dengan pembesaran 400x. Jumlah eritrosit dihitung sebanyak 5 kotak kecil dan jumlahnya dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$\text{Eritrosit (10}^4 \text{ sel/mm}^3\text{)} = \text{Jumlah Sel Eritrosit} \times 10^4$$

b. Leukosit

Prosedur perhitungan jumlah eritrosit menurut Andayani *et al.* (2017) yaitu pertama darah ikan yang diperoleh dihisap dengan menggunakan pipet thoma bulir pengaduk putih sampai pada skala 0,5, kemudian tambahkan larutan Turk's hingga skala 11. Darah dalam pipet diaduk dengan diayunkan membentuk angka delapan selama 5 menit hingga tercampur merata. Tetesan darah pertama dalam pipet dibuang sebanyak 2 tetes yang diasumsikan tidak homogen. Selanjutnya darah di teteskan pada *haemocytometer* dan ditutup oleh *cover glass*. Hitung jumlah sel darah merah menggunakan mikroskop dengan pembesaran 400x. Jumlah leukosit dihitung sebanyak 4 kotak kecil dan jumlahnya dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$\text{Leukosit (10}^3 \text{ sel/mm}^3\text{)} = \text{Jumlah Sel Leukosit} \times 50$$

c. Hematokrit

Prosedur pengukuran kadar hematokrit yaitu pertama ujung pipet mikrohematokrit dimasukkan kedalam tabung mikrohematokrit yang telah berisi darah sebanyak $\frac{3}{4}$ bagian tabung. Ujung tabung yang telah berisi darah di sumbat *cryptocea* dengan menggunakan lilin malam dengan kedalaman kurang lebih 1 mm. Selanjutnya tabung tersebut di sentrifugasi dalam waktu 5 menit dengan kecepatan 5.000 rpm. Perbandingan panjang bagian darah yang mengendap dengan panjang total volume darah yang terdapat di dalam tabung diukur menggunakan penggaris. Kadar Hematokrit dinyatakan sebagai % volume padatan sel darah (Anderson dan Siwicki, 1995; Andayani *et al.*, 2017).

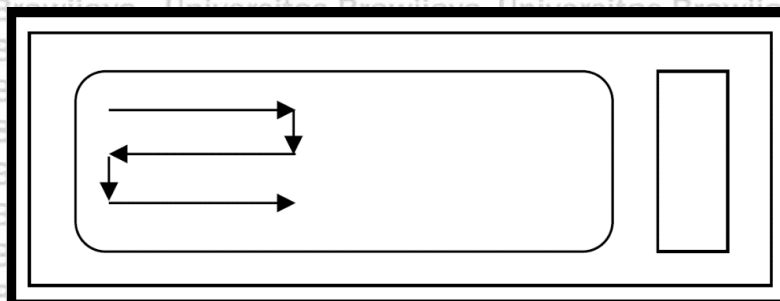
d. Hemoglobin

Prosedur pengukuran kadar hemoglobin yaitu pertama sampel darah dihisap dengan ke dalam pipet Hb Sahli dengan menggunakan selang hisap sampai pada skala 20 mm³ atau skala 0,2 ml. Bagian darah yang berada pada ujung pipet dibersihkan dengan kertas tisu dan darah yang ada dalam pipet dipindahkan ke dalam tabung Hb Sahli yang sebelumnya diisi HCl 0,1 N terlebih dahulu hingga skala 10 (merah). Darah yang telah tercampur dengan HCl 0,1 N diaduk menggunakan haemometer glass stirrer dalam waktu 5 menit. Kemudian ditambahkan akuades perlahan sampai warna darah berubah menjadi seperti warna larutan standar yang ada dalam Hb-meter. Kadar hemoglobin dinyatakan dalam g%. (Hartika *et al.*, 2014).

5. Uji Histopatologi Insang

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah histopatologi jaringan insang ikan nila (*Oreochromis sp.*). Pengamatan ini dilakukan untuk melihat perbedaan histopatologi jaringan insang ikan nila (*Oreochromis sp.*) pada setiap perlakuan percobaan. Hasil uji histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*) menggunakan analisis secara deskriptif. Cara mengetahui tingkat kerusakan

jaringan insang ikan nila (*Oreochromis sp.*) dilakukan dengan analisis statistik pemberian skoring dengan metode semi kuantitatif. Pada metode ini dilakukan pembacaan pada preparat dengan gerak zig zag seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Alur Skoring (Gerak Zig Zag) (Siswandari, 2005).

Pada metode semi-kuantitatif kerusakan yang diamati terdiri dari lima luas bidang lapang pandang untuk memperoleh hasil yang maksimal untuk tiap tingkat kerusakan. Setiap bidang lapang pandang diamati tingkat kerusakan jaringannya. Persentase kerusakan yang diperoleh dari tiap bidang lapang pandang, dihitung menggunakan rumus dari Lubis *et al.* (2014) sebagai berikut:

$$\text{Persentase Kerusakan} = \frac{\text{Jumlah Sel yang Rusak}}{\text{Jumlah Sel Analisis}} \times 100\%$$

Kemudian persentase yang telah didapatkan mempunyai tingkat persentase kerusakan jaringan 0-5% yang menandakan kerusakan ringan, persentase kerusakan jaringan 6-25% yang menandakan kerusakan sedang, persentase kerusakan jaringan 26-50% yang menandakan kerusakan berat dan persentase kerusakan jaringan >50% yang menandakan kerusakan sangat berat.

4.9 Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisis secara statistik dengan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) atau uji F (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang dipergunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL). Ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap respon parameter yang



diukur atau uji F. Apabila nilai uji F berbeda nyata atau berbeda sangat nyata maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) untuk menentukan perbedaan antar perlakuan.



BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Kualitas Air

5.1.1 Suhu

Pengambilan data kualitas air berupa suhu dilakukan setiap hari pada pagi dan siang hari. Pengumpulan data suhu digunakan untuk menunjukkan keadaan media pemeliharaan dalam keadaan optimal maupun tidak optimal untuk kehidupan ikan nila (*Oreochromis sp.*). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai suhu yang dapat dilihat pada Tabel 4:

Tabel 4. Rata-rata Nilai Suhu (°C).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	25,4	25,4	25,4	76,28	25,43	0,01
B	25,5	25,4	25,5	76,39	25,46	0,03
K	25,4	25,4	25,5	76,37	25,46	0,02
Total				229,05		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai suhu antar perlakuan dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 5:

Tabel 5. Uji Sidik Ragam Suhu.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,0023	0,0011	2,76 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,0025	0,0004			
Total	8					

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata.

Hasil uji sidik ragam suhu menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 2,76 dimana nilai F Hitung lebih kecil dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan nilai suhu pada antar perlakuan tidak berbeda nyata.

Suhu selama penelitian berkisar antara 24-26,9 °C. Nilai suhu yang diperoleh selama penelitian masih dalam kisaran yang dapat menunjang dalam

pemeliharaan ikan nila (*Oreochromis sp.*) karena ikan nila (*Oreochromis sp.*) mampu hidup dan tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 24-32 °C. Ketika nilai suhu dibawah 24 °C dan di atas 32 °C, akan mengakibatkan berkurangnya laju pertumbuhan dan efisiensi pakan secara signifikan (El-Sayed dan Kawanna, 2008).

Ridwantara *et al.* (2019) menambahkan, suhu yang lebih rendah menyebabkan penambahan pertumbuhan ikan yang lambat karena metabolisme, aktivasi enzim dan hormon pertumbuhan ikan yang tidak bekerja optimal. Suhu akan mempengaruhi aktivitas enzim dimana kenaikan suhu dapat penurunan pH enzim dan pada pH yang rendah enzim-enzim pencernaan akan lebih mudah menghancurkan materi-materi kasar yang berasal dari pakan yang dikonsumsi.

Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi akan menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme, respirasi dan tingkat konsumsi oksigen pada ikan. Suhu lingkungan yang tinggi akan menyebabkan konsentrasi oksigen terlarut dalam air menurun dan konsumsi oksigen oleh ikan meningkat. Bila suhu naik atau turun maka laju metabolismenya juga berubah demikian pula dengan kebutuhan energinya. Meningkatnya suhu akan menyebabkan peningkatan proses respirasi. Dalam hal ini, energi untuk respirasi merupakan energi yang termasuk dalam nilai metabolisme basal (energi minimal yang dibutuhkan untuk ikan untuk hidup), sehingga disimpulkan bahwa kenaikan suhu akan menyebabkan kenaikan metabolisme basal (Putra, 2015).

5.1.2 pH

Pengambilan data kualitas air berupa pH dilakukan setiap hari pada pagi dan siang hari. Pengumpulan data pH digunakan untuk menunjukkan keadaan media pemeliharaan dalam keadaan optimal maupun tidak optimal untuk kehidupan ikan

nila (*Oreochromis* sp.). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai suhu yang dapat dilihat pada Tabel 6:

Tabel 6. Rata-rata Nilai pH.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	7,9	8,0	7,9	23,80	7,93	0,02
B	7,9	7,9	7,9	23,59	7,86	0,01
K	7,8	7,7	7,7	23,23	7,74	0,01
Total				70,62		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai pH antar perlakuan dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 7:

Tabel 7. Uji Sidik Ragam pH.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,05	0,03	140,95**	5,14	10,92
Acak	6	0,00	0,00			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil uji sidik ragam pH menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 140,95 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan nilai pH pada antar perlakuan berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel 8:

Tabel 8. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pH.

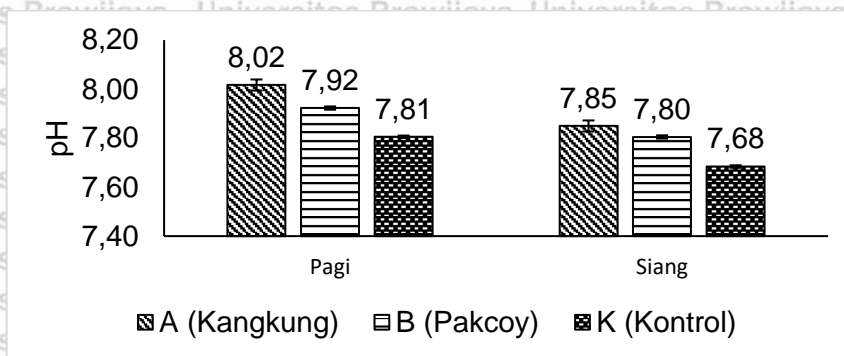
Rata-rata Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	7,74			a
B	7,86	0,12**		b
A	7,93	0,19**	0,07**	c

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 8 diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan c. Perlakuan B berbeda sangat nyata dengan perlakuan K, perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan K dan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan pH yang terbesar



sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan K, B kemudian A. Berikut grafik rata-rata parameter uji kualitas air berupa pH selama penelitian yang tersaji pada Gambar 10:



Gambar 10. Grafik pH.

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa pH pada pengamatan pagi dan siang hari antar perlakuan relatif tidak jauh berbeda, pH berkisar antara 7,14-8,53. Nilai pH yang diperoleh selama penelitian masih dalam kisaran yang dapat menunjang dalam pemeliharaan ikan nila (*Oreochromis sp.*). Ikan nila (*Oreochromis sp.*) mampu hidup dan tumbuh dengan baik pada kisaran pH 6-9 (Maimunah dan Kilawati, 2020).

Ikan nila dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada lingkungan perairan dengan alkalinitas rendah atau netral. Pertumbuhannya mengalami penurunan pada lingkungan dengan pH yang rendah. Walaupun demikian, nila masih dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 5-10. Batas pH yang memetakan adalah 11 atau lebih. Sebaiknya pH air dipertahankan pada nilai netral atau pada kisaran 6,5-8,0 (Carman dan Sucipto, 2013). pH yang sangat rendah, menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air makin besar, yang bersifat toksik bagi organisme air, sebaliknya pH yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amoniak dalam air yang juga bersifat toksik bagi organisme air. Ketika nilai pH dibawah dan di atas akan mengakibatkan berkurangnya laju pertumbuhan dan efisiensi pakan secara signifikan (Tatangindatu *et al.*, 2013 dan Tambunan, 2018).

Ketika pH terlalu tinggi, dapat dilakukan upaya untuk menurunkan pH. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan menambahkan air media dengan daun Ketapang (*Terminalia catappa*) atau penambahan NaH_2PO_4 , sedangkan untuk menaikkan pH dapat dilakukan penambahan NaHCO_3 (Priyanto *et al.*, 2016).

5.1.3 Oksigen Terlarut (DO)

Pengambilan data kualitas air berupa DO dilakukan setiap hari pada pagi dan siang hari. Pengumpulan data suhu digunakan untuk menunjukkan keadaan media pemeliharaan dalam keadaan optimal maupun tidak optimal untuk kehidupan ikan nila (*Oreochromis sp.*). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai DO yang dapat dilihat pada Tabel 9:

Tabel 9. Rata-rata Nilai DO (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	5,57	5,56	5,5	16,63	5,54	0,04
B	5,05	5,46	5,42	15,93	5,31	0,23
K	4,96	4,89	4,93	14,78	4,93	0,04
Total				47,34		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai DO antar perlakuan dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 10:

Tabel 10. Uji Sidik Ragam DO.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,582	0,291	16,23**	5,14	10,92
Acak	6	0,108	0,018			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil uji sidik ragam DO menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 16,23 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan nilai pH pada antar perlakuan berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel 11:



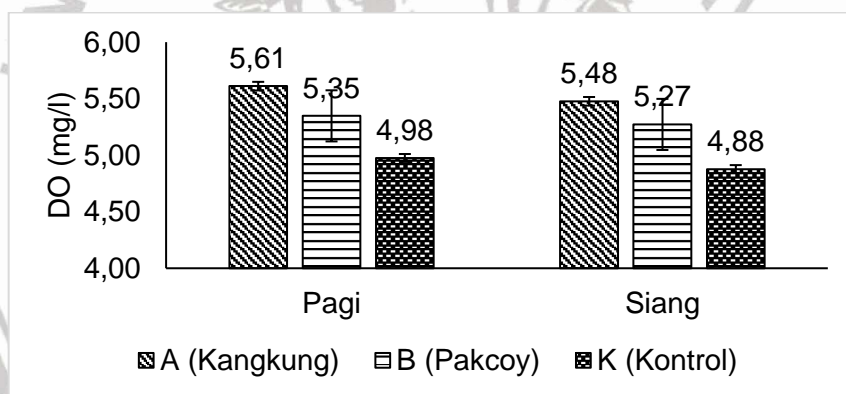
Tabel 11. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) DO.

Rata-rata Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	4,93			a
B	5,31	0,38*		b
A	5,54	0,61**	0,23 ^{ns}	bc

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata
 (*) = berbeda nyata
 (**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 11 diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan bc. Perlakuan B berbeda sangat nyata dengan perlakuan K, perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan K dan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan pH yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan K, B kemudian A. Berikut grafik rata-rata parameter uji kualitas air berupa pH selama penelitian yang tersaji pada

Gambar 11:



Gambar 11. Grafik DO.

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa DO pada pengamatan pagi dan siang hari antar perlakuan berkisar antara 4,02 mg/l-6,49 mg/l. Nilai DO yang diperoleh selama penelitian masih dalam kisaran yang dapat menunjang dalam pemeliharaan ikan nila (*Oreochromis sp.*). Ikan nila (*Oreochromis sp.*) mampu hidup dan tumbuh dengan baik pada kisaran kadar DO lebih dari 5 mg/l (SNI, 2009).



Jika oksigen terlarut tidak seimbang akan menyebabkan stress pada ikan karena otak tidak mendapat suplai oksigen yang cukup, serta kematian akibat kekurangan oksigen (*anoxia*) yang disebabkan jaringan tubuh ikan tidak dapat mengikat oksigen yang terlarut dalam darah (Tatangindatu *et al.*, 2013).

Peningkatan kadar oksigen dapat dilakukan aerasi dengan menggunakan bantuan dari aerator. Proses aerasi ini mempermudah oksigen berdifusi ke dalam air sehingga kadar oksigen dapat meningkat (Androva dan Harjanto, 2017).

Kadar oksigen terlarut juga dipengaruhi oleh suhu. Apabila suhu yang semakin tinggi dalam suatu perairan, maka kelarutan oksigen akan semakin rendah, dan daya racun semakin tinggi. Kenaikan suhu air kolam ikan nila (*Oreochromis sp.*) pada siang hari dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, cuaca, dan angin. Intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam permukaan dapat menyebabkan terjadinya perubahan suhu pada pagi dan siang hari (Pramleonita *et al.*, 2018).

5.1.4 Ortofosfat (PO₄)

Pengambilan data kualitas air berupa ortofosfat dilakukan setiap minggu. Pengumpulan data ortofosfat digunakan untuk menunjukkan keadaan media pemeliharaan dalam keadaan optimal maupun tidak optimal untuk kehidupan ikan nila (*Oreochromis sp.*). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai ortofosfat yang dapat dilihat pada Tabel 12:

Tabel 12. Rata-rata Nilai Ortofosfat (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	1,832	1,776	1,868	5,48	1,83	0,05
B	2,244	2,219	2,187	6,65	2,22	0,03
K	3,128	3,159	3,011	9,30	3,10	0,08
Total				21,42		



Untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai ortofosfat antar perlakuan dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 13:

Tabel 13. Uji Sidik Ragam Ortofosfat.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	2,55	1,28	420,63**	5,14	10,92
Acak	6	0,02	0,00			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil uji sidik ragam ortofosfat menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 420,63 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan nilai ortofosfat pada antar perlakuan berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel

14:

Tabel 14. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Ortofosfat.

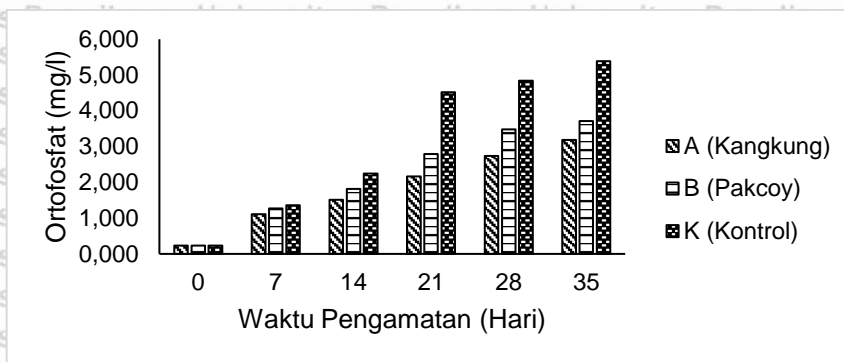
Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
Perlakuan	1,83	2,22	3,10	
A	1,83			a
B	2,22	0,39**		b
K	3,10	1,27**	0,88**	c

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 14 diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan c. Perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan B, perlakuan K berbeda sangat nyata dengan perlakuan A dan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan ortofosfat yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan K, B kemudian A. Berikut grafik parameter uji kualitas air berupa ortofosfat selama penelitian yang tersaji pada

Gambar 12:





Gambar 12. Grafik Ortofosfat.

Pada grafik ortofosfat dapat dilihat bahwa konsentrasi ortofosfat mengalami peningkatan tertinggi sampai pada hari ke-35 untuk seluruh perlakuan. Kisaran konsentrasi ortofosfat selama penelitian sebesar 0,233 mg/l pada hari ke-0 sampai konsentrasi tertinggi pada hari ke-35 sebesar 5,389 mg/l untuk perlakuan K. Urutan rata-rata konsentrasi ortofosfat selama penelitian mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar yaitu dimulai dari perlakuan A sebesar 1,825 mg/l, perlakuan B sebesar 2,217 mg/l dan perlakuan K sebesar 3,099 mg/l. Menurut Effendi (2003), ortofosfat didalam sistem budidaya sebaiknya kurang dari 1 mg/l, karena diatas nilai 1 mg/l dapat dikatakan perairan tersebut termasuk perairan eutrofik. Konsentrasi ortofosfat yang tinggi diduga karena akuaponik merupakan sistem tertutup, sehingga ortofosfat terus terakumulasi, penambahan tanaman dapat dilakukan untuk menekan tingginya kadar ortofosfat.

Meningkatnya sisa pakan yang tidak termakan dan buangan metabolit yang terus terakumulasi dalam perairan dapat menyebabkan peningkatan konsentrasi fosfat, sehingga menyebabkan kualitas air menjadi menurun. Keberadaan fosfor dengan konsentrasi berlebihan yang disertai adanya keberadaan nitrat dapat menstimulus ledakan pertumbuhan alga di perairan yang dapat menggunakan oksigen dalam jumlah besar sehingga berdampak pada penurunan kadar oksigen terlarut. Orthofosfat merupakan senyawa anorganik yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman air seperti kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (B.

rapa) untuk pertumbuhan (Zidni *et al.*, 2019). Ortofosfat berfungsi menjadi media penyaluran energi dalam metabolisme tanaman berupa ATP dan NADPH (Tuhuteru, 2018).

5.1.5 Amonia (NH₃)

Pengambilan data kualitas air berupa amonia dilakukan setiap minggu.

Pengumpulan data amonia digunakan untuk menunjukkan keadaan media pemeliharaan dalam keadaan optimal maupun tidak optimal untuk kehidupan ikan

nila (*Oreochromis* sp.). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai amonia yang dapat dilihat pada Tabel 15:

Tabel 15. Rata-rata Nilai Amonia (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	0,273	0,227	0,240	0,74	0,25	0,02
B	0,338	0,319	0,307	0,96	0,32	0,02
K	0,831	0,658	0,743	2,23	0,74	0,09
Total				3,93		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai amonia antar perlakuan dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 16:

Tabel 16. Uji Sidik Ragam Amonia.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,43	0,22	78,02**	5,14	10,92
Acak	6	0,02	0,00			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil uji sidik ragam amonia menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 78,02 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan nilai amonia pada antar perlakuan berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel

17:

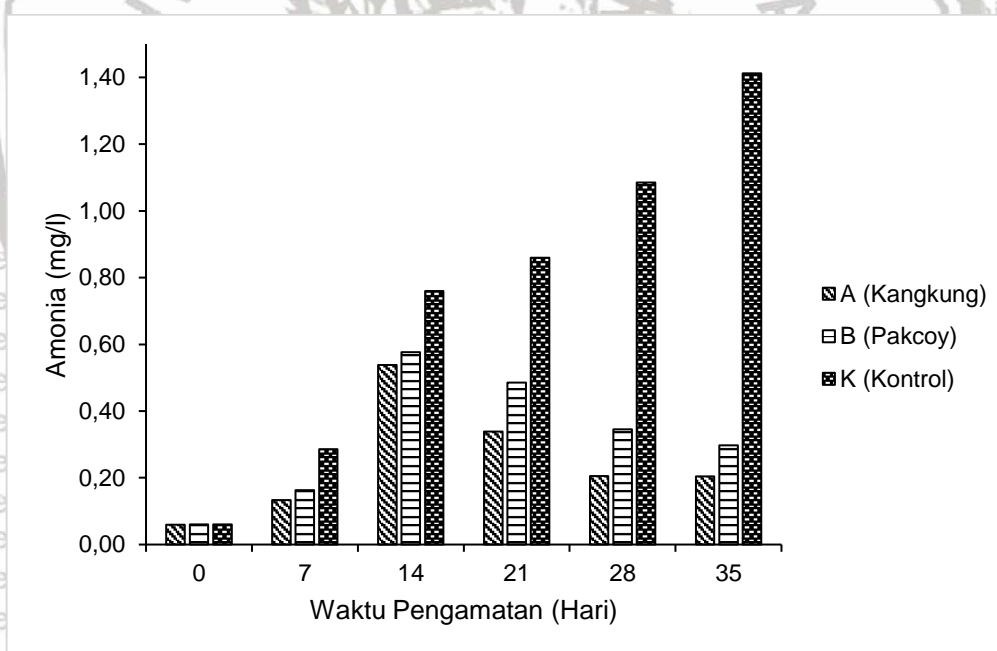


Tabel 17. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Amonia.

Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	0,25			a
B	0,32	0,07 ^{ns}		a
K	0,74	0,49 ^{**}	0,42 ^{**}	b

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata
(**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 17 diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, a dan b. Perlakuan A tidak berbeda nyata dengan perlakuan B, perlakuan K berbeda sangat nyata dengan perlakuan A dan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan amonia yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan K, B kemudian A. Berikut grafik parameter uji kualitas air berupa amonia selama penelitian yang tersaji pada Gambar 13:



Gambar 13. Grafik Amonia.

Pada grafik amonia dapat dilihat bahwa konsentrasi amonia mengalami dinamika dan peningkatan tertinggi pada hari ke-14 untuk perlakuan A dan B, sedangkan konsentrasi amonia secara terus-menerus meningkat sampai akhir penelitian untuk perlakuan K. Kisaran konsentrasi amonia selama penelitian

sebesar 0,07 mg/l pada hari ke-0 sampai konsentrasi tertinggi pada hari ke-35 sebesar 1,45 mg/l untuk perlakuan K. Urutan rata-rata konsentrasi amonia selama penelitian mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar yaitu dimulai dari perlakuan A sebesar 0,25 mg/l, perlakuan B sebesar 0,32 mg/l dan perlakuan K sebesar 0,74 mg/l.

Berdasarkan hasil tersebut, jika dibandingkan dengan penelitian akuaponik lainnya seperti pada penelitian Su *et al.*, (2020), konsentrasi amonia terkecil pada perlakuan A lebih rendah jika dibandingkan dengan konsentrasi amonia dari perlakuan terbaik pada penelitian tersebut yaitu sebesar 0,42 mg/l. Akan tetapi jika dibandingkan dengan penelitian (Gumelar *et al.*, 2017), konsentrasi amonia terkecil pada perlakuan A lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi amonia dari perlakuan terbaik pada penelitian tersebut yaitu sebesar 0,13 mg/l.

Hasil konsentrasi amonia selama penelitian tentunya melebihi rekomendasi dari SNI (2009) sebesar 0,02 mg/l untuk budidaya ikan nila (*Oreochromis sp.*), akan tetapi sult untuk dihindari mengingat sistem akuaponik merupakan sistem resirkulasi tertutup tanpa adanya pergantian air secara berkala. Berkenaan dengan hal tersebut maka upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan penambahan jumlah tanaman maupun pengaplikasian filter mekanis dan filter biologis pada sistem akuaponik untuk menekan peningkatan konsentrasi amonia selama budidaya berlangsung.

5.1.6 Nitrit (NO_2)

Pengambilan data kualitas air berupa nitrit dilakukan setiap minggu. Pengumpulan data nitrit digunakan untuk menunjukkan keadaan media pemeliharaan dalam keadaan optimal maupun tidak optimal untuk kehidupan ikan nila (*Oreochromis sp.*). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai nitrit yang dapat dilihat pada Tabel 18:

Tabel 18. Rata-rata Nilai Nitrit (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	0,169	0,178	0,173	0,52	0,17	0,00
B	0,191	0,226	0,222	0,64	0,21	0,02
K	0,376	0,383	0,390	1,15	0,38	0,01
Total				2,31		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai nitrit antar perlakuan dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 19:

Tabel 19. Uji Sidik Ragam Nitrit.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,074	0,037	256,01**	5,14	10,92
Acak	6	0,001	0,000			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil uji sidik ragam pH menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 256,01 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan nilai nitrit pada antar perlakuan berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel 20:

Tabel 20. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Nitrit.

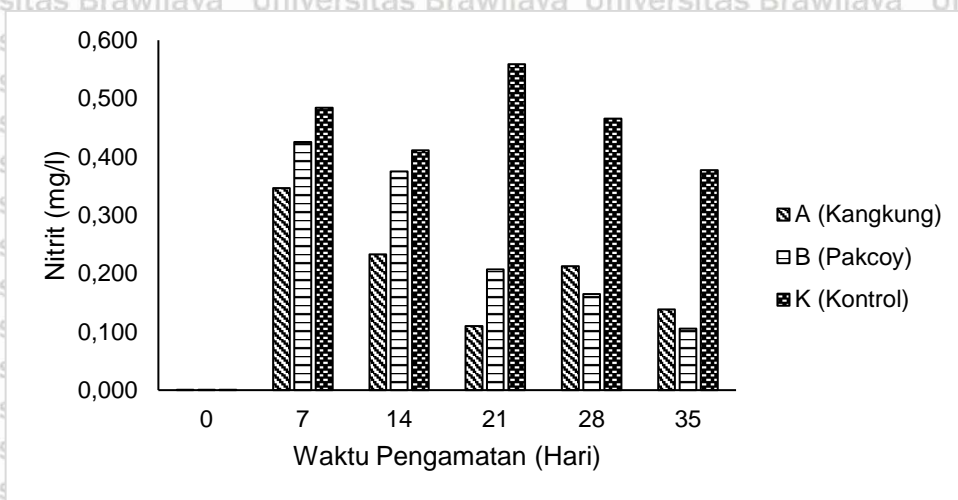
Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	0,17			a
B	0,21	0,04**		b
K	0,38	0,21**	0,17**	c

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 20 diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan c. Perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan B, perlakuan K berbeda sangat nyata dengan perlakuan A dan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan nitrit yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan K, B kemudian A. Berikut grafik



parameter uji kualitas air berupa nitrit selama penelitian yang tersaji pada Gambar 14:



Gambar 14. Grafik Nitrit.

Pada grafik nitrit dapat dilihat bahwa konsentrasi nitrit mengalami dinamika dan peningkatan tertinggi pada hari ke-7 untuk perlakuan A dan B, sedangkan konsentrasi nitrit tertinggi terjadi pada hari ke-21 untuk perlakuan K. Kisaran konsentrasi nitrit selama penelitian sebesar 0,001 mg/l pada hari ke-0 sampai konsentrasi tertinggi pada hari ke-21 sebesar 0,559 mg/l untuk perlakuan K.

Urutan rata-rata konsentrasi nitrit selama penelitian mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar yaitu dimulai dari perlakuan A sebesar 0,174 mg/l, perlakuan B sebesar 0,213 mg/l dan perlakuan K sebesar 0,383 mg/l.

Menurut Somerville *et al.* (2014), konsentrasi nitrit yang baik dalam sistem akuaponik berkisar antara 0,25 mg/l-1 mg/l. Berdasarkan hasil uji nitrit mingguan, seluruh perlakuan memperoleh hasil konsentrasi nitrit dibawah 1 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kadar nitrit selama penelitian masih dalam batas toleransi budidaya ikan dalam sistem akuaponik. Selain itu, fluktuasi konsentrasi nitrit diduga terjadi akibat nitrit mudah teroksidasi menjadi nitrat, sehingga keberadaan nitrit di dalam suatu perairan menjadi tidak stabil (Wantasen, 2015). Selain pakan, peningkatan nitrit dapat dipicu karena adanya kematian organisme, dalam

penelitian ini khususnya disebabkan oleh karena adanya kematian ikan nila (*Oreochromis sp.*) (Wahyuningsih dan Gitarama, 2020), khususnya dapat terlihat jelas pada kenaikan nitrit di minggu pertama.

5.1.7 Nitrat (NO₃)

Pengambilan data kualitas air berupa nitrat dilakukan setiap minggu.

Pengumpulan data nitrat digunakan untuk menunjukkan keadaan media pemeliharaan dalam keadaan optimal maupun tidak optimal untuk kehidupan ikan nila (*Oreochromis sp.*). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai nitrat yang dapat dilihat pada Tabel 21:

Tabel 21. Rata-rata Nilai Nitrat (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	1,062	1,015	1,097	3,17	1,06	0,04
B	1,103	1,071	1,085	3,26	1,09	0,02
K	1,233	1,269	1,242	3,74	1,25	0,02
Total				10,18		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan nilai nitrat antar perlakuan dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 22:

Tabel 22. Uji Sidik Ragam Nitrat.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,063	0,032	41,26**	5,14	10,92
Acak	6	0,005	0,001			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil uji sidik ragam nitrat menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 41,26 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan nilai nitrat pada antar perlakuan berbeda sangat nyata. Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel

23:



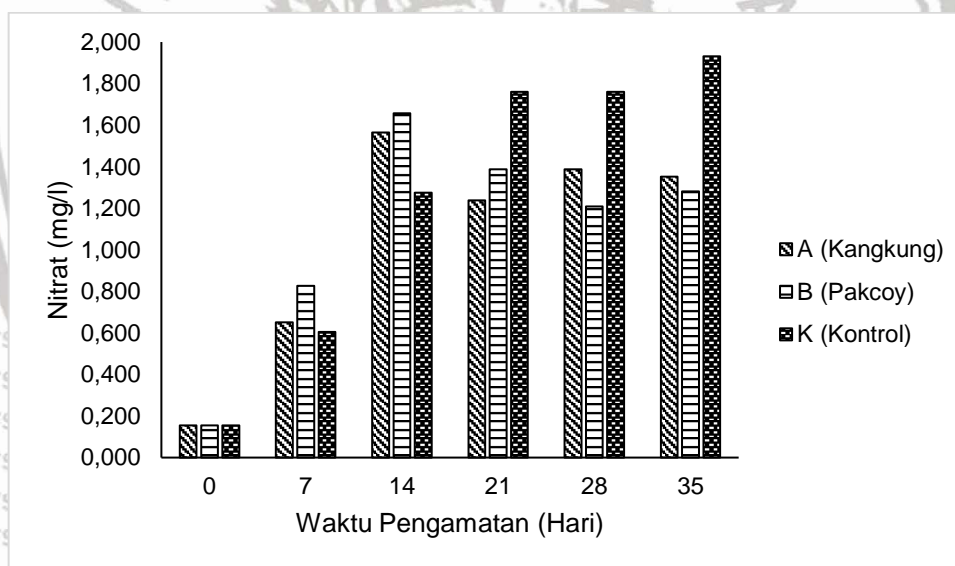
Tabel 23. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Nitrat.

Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	1,06			a
B	1,09	0,03 ^{ns}		a
K	1,25	0,19 ^{**}	0,16 ^{**}	b

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata
(**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 23 diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, a dan b. Perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan B, perlakuan K berbeda sangat nyata dengan perlakuan A dan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan nitrat yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan K, B kemudian A. Berikut grafik parameter uji kualitas air berupa nitrat selama penelitian yang tersaji pada Gambar

15:



Gambar 15. Grafik Nitrat.

Pada grafik nitrat dapat dilihat bahwa konsentrasi nitrat mengalami dinamika dan peningkatan tertinggi pada hari ke-14 untuk perlakuan A dan B, sedangkan konsentrasi nitrat tertinggi untuk perlakuan K terjadi pada hari ke-35. Kisaran konsentrasi nitrat selama penelitian sebesar 0,154 mg/l pada hari ke-0 sampai konsentrasi tertinggi pada hari ke-35 sebesar 1,931 mg/l untuk perlakuan K.

Urutan rata-rata konsentrasi nitrat selama penelitian mulai dari yang terkecil sampai yang terbesar yaitu dimulai dari perlakuan A sebesar 1,058 mg/l, perlakuan B sebesar 1,086 mg/l dan perlakuan K sebesar 0,726 mg/l.

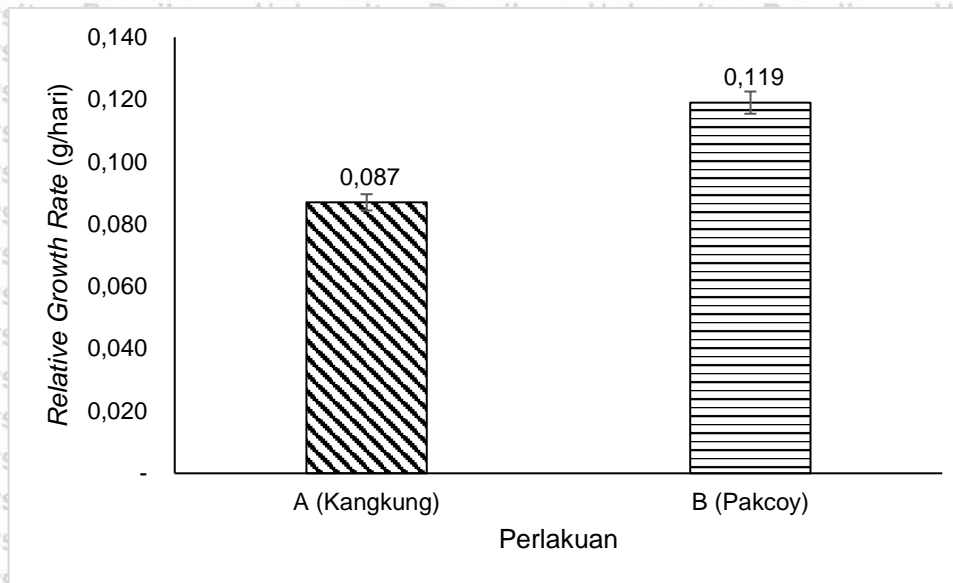
Adanya kandungan nitrat pada media air perlakuan menunjukkan bahwa proses nitrifikasi berjalan di dalam sistem. Amonia yang terbentuk telah terombak sampai pada hasil akhir berupa nitrat (Widanarni *et al.*, 2010). Peningkatan nitrat pada perlakuan K disebabkan karena nitrat terakumulasi dan tidak terdapat tanaman yang diberikan untuk menyerap nitrat. Nitrat dimanfaatkan oleh tanaman sebagai unsur hara penting yang berperan dalam membentuk protein yang berguna dalam metabolisme tanaman terutama dalam pembentukan klorofil tanaman (Tuhuteru, 2018), sehingga keberadaan nitrat di dalam sistem akuaponik sangat diperlukan untuk mendukung produktifitas hasil tanaman.

Nitrat relatif memiliki sifat toksisitas yang lebih rendah terhadap ikan jika dibandingkan dengan amonia maupun nitrit, akan tetapi nitrat dapat berpotensi menjadi masalah dalam sistem resirkulasi. Nitrat dapat mempengaruhi osmoregulasi dan transpor oksigen. Nitrat adalah oksidator yang mampu mengubah hemoglobin menjadi methemoglobin sehingga dapat mempengaruhi hematologi ikan, selain itu nitrat juga berpotensi merusak filamen insang, sehingga konsentrasi nitrat didalam sistem budidaya harus ditekan melalui bantuan tanaman (Mayunar, 1990; Camargo *et al.*, 2005).

5.2 Pertumbuhan Tanaman

5.2.1 *Relative Growth Rate* (RGR)

Pengambilan data pertumbuhan tanaman berupa RGR dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Pengumpulan data RGR digunakan untuk menunjukkan perbedaan pertumbuhan antar tanaman. Berikut grafik parameter uji tanaman berupa RGR selama penelitian yang tersaji pada Gambar 16:



Gambar 16. Grafik RGR.

RGR tertinggi pada penelitian ini ada pada tanaman pakcoy (*B. rapa*) dengan nilai RGR sebesar 0,119 g/hari dan terendah oleh tanaman kangkung (*I. reptans*) dengan nilai RGR sebesar 0,087 g/hari. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Effendi *et al.* (2015), yaitu diketahui bahwa nilai RGR tertinggi dalam sistem akuaponik diperoleh pada tanaman pakcoy (*B. rapa*) sebesar 0,07 g/hari dan nilai RGR terendah pada tanaman kangkung (*I. reptans*) sebesar 0,06 g/hari.

Berdasarkan hasil nilai RGR tersebut menunjukkan bahwa tanaman kangkung (*I. reptans*) dan tanaman pakcoy (*B. rapa*) di dalam sistem akuaponik pada penelitian ini dapat memanfaatkan unsur hara yang tersedia. Unsur hara terbesar dalam sistem akuaponik berupa nitrat dan ortofosfat. Kedua unsur hara ini memiliki peran yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman.

Apabila tanaman mengalami defisiensi unsur N, akan menunjukkan pertumbuhan yang lambat, kelihatan lemah, daunnya berwarna hijau terang hingga kuning. Biasa dijumpai pada daun-daun tua, karena N merupakan unsur yang *mobile*. Tanaman cenderung mudah stress terhadap kekeringan. Bila ammonium merupakan sumber N satu-satunya, kondisi toksik dapat berkembang

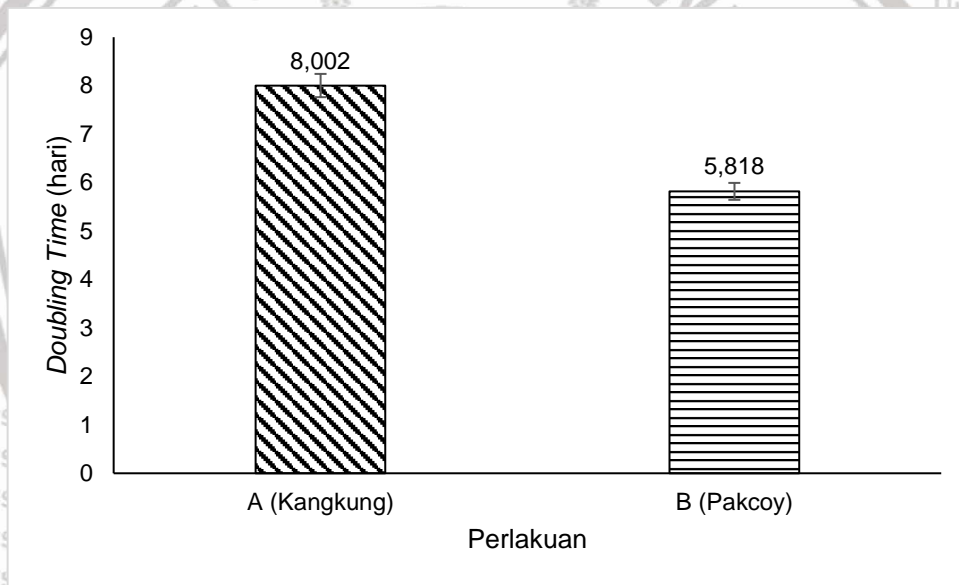


yang ditunjukkan dengan patahnya batang, sehingga menghambat serapan air.

Sedangkan defisiensi unsur P menunjukkan gejala seperti pertumbuhan yang lambat, lemah, daun berwarna hijau tua, daun-daun tua mengalami pigmentasi ungu. Gejala-gejala tersebut diawali pada daun-daun tua, sebagaimana sifat dan unsur P yang *mobile* dalam jaringan tanaman (Fahmi *et al.*, 2010).

5.2.2 Doubling Time (DT)

Pengambilan data pertumbuhan tanaman berupa DT mengacu pada hasil RGR tanaman. Pengumpulan data RGR digunakan untuk menunjukkan perbedaan pertumbuhan antar tanaman. Berikut grafik parameter uji tanaman berupa DT selama penelitian yang tersaji pada Gambar 17:



Gambar 17. Grafik DT.

Selain RGR, pertumbuhan tanaman juga bisa ditandai dengan adanya *doubling time* (DT) atau waktu penggandaan tanaman. Perubahan biomassa kangkung (*L. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) merupakan salah satu indikator dari perubahan kualitas air secara biologi. Peningkatan biomassa tanaman diindikasikan oleh Doubling Time (DT), yaitu waktu yang dibutuhkan tanaman untuk menggandakan biomassa (Pratiwi *et al.*, 2018).

DT tertinggi pada penelitian ini ada pada tanaman pakcoy (*B. rapa*) dengan waktu selama 5,8 hari dan terendah oleh tanaman kangkung (*I. reptans*) dengan waktu selama 8 hari. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Effendi *et al.* (2015), yaitu diketahui bahwa DT dalam sistem akuaponik menggunakan hewan uji ikan lele (*Clarias* sp.) diperoleh pada tanaman kangkung (*I. reptans*) sebesar 12 hari dan DT tanaman pakcoy (*B. rapa*) selama 9 hari.

5.3 Percentage Nitrogen Removal (PNR)

Pengambilan data PNR dilakukan mengacu pada hasil kadar nitrogen selama penelitian yang meliputi amonia, nitrit dan nitrat. Pengumpulan data PNR digunakan untuk menunjukkan perbedaan PNR pada masing-masing perlakuan tanaman. Berikut hasil parameter uji tanaman berupa PNR mingguan selama penelitian yang tersaji pada Tabel 24:

Tabel 24. Persentase Reduksi Nitrogen Mingguan.

Waktu (Hari)	Persentase Reduksi (%)					
	Amonia		Nitrit		Nitrat	
	A	B	A	B	A	B
7	53,42	43,17	28,44	12,05	-7,60	-36,67
14	29,11	24,05	43,35	8,83	-22,60	-29,92
21	60,63	43,56	80,32	62,97	29,65	21,19
28	81,12	68,21	54,33	64,57	21,20	31,33
35	85,53	78,97	63,34	72,00	29,99	33,67

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi reduksi amonia, nitrit, dan nitrat pada sistem akuaponik dengan menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*). Persentase reduksi amonia tertinggi dicapai oleh perlakuan A pada hari ke-35 sebesar 85,53%, persentase reduksi nitrit tertinggi dicapai oleh perlakuan A pada hari ke-21 sebesar 80,32% dan persentase reduksi nitrat tertinggi dicapai oleh perlakuan B pada hari ke-35 sebesar 33,67%. Berikut hasil data rata-rata persentase reduksi nitrogen yang dapat dilihat pada Tabel 25:



Tabel 25. Rata-rata Persentase Reduksi Nitrogen.

Ulangan	Persentase Reduksi (%)					
	Amonia		Nitrit		Nitrat	
	A	B	A	B	A	B
1	68,23	60,35	54,97	49,07	14,10	10,77
2	66,28	52,06	53,52	41,04	20,49	15,98
3	68,56	59,46	55,64	43,08	11,94	12,91
Total	203,07	171,87	164,14	133,19	46,53	39,66
Rata-rata	67,69	57,29	54,71	44,4	15,51	13,22
±SD	±1,23	±4,55	±1,08	±4,17	±4,44	±2,62

Berdasarkan Tabel 25 dapat diketahui bahwa persentase reduksi nitrogen terbaik ada pada perlakuan A dengan rata-rata persentase reduksi amonia sebesar 67,69%, reduksi nitrit sebesar 54,71% dan reduksi nitrat sebesar 15,51%.

Selain tanaman, reduksi nitrogen juga tidak terlepas dari adanya proses nitrifikasi yang berlangsung di dalam sistem. Bakteri nitrifikasi termasuk dalam komponen utama di dalam sistem akuaponik untuk mengelola tersedianya unsur hara bagi tanaman, sehingga penambahan starter bakteri nitrifikasi dalam sistem akuaponik sangat penting. Selain itu sumber air yang akan digunakan memiliki kandungan bakteri yang berbebeda-beda sehingga perlu adanya starter bakteri untuk memastikan bahwa di dalam sistem telah terdapat bakteri nitrifikasi (Sukoco *et al.*, 2016).

5.4 Survival Rate (SR) Ikan

Pengambilan data SR dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Pengumpulan data SR digunakan untuk menunjukkan persentase kelulushidupan ikan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai SR ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dapat dilihat pada Tabel 26:

Tabel 26. Jumlah Rata-rata SR Ikan Nila (%).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	96,67	86,67	93,33	276,67	92,22	5,09
B	93,33	96,67	100,00	290,00	96,67	3,34
K	90,00	83,33	86,67	260,00	86,67	3,34
Total				826,67		



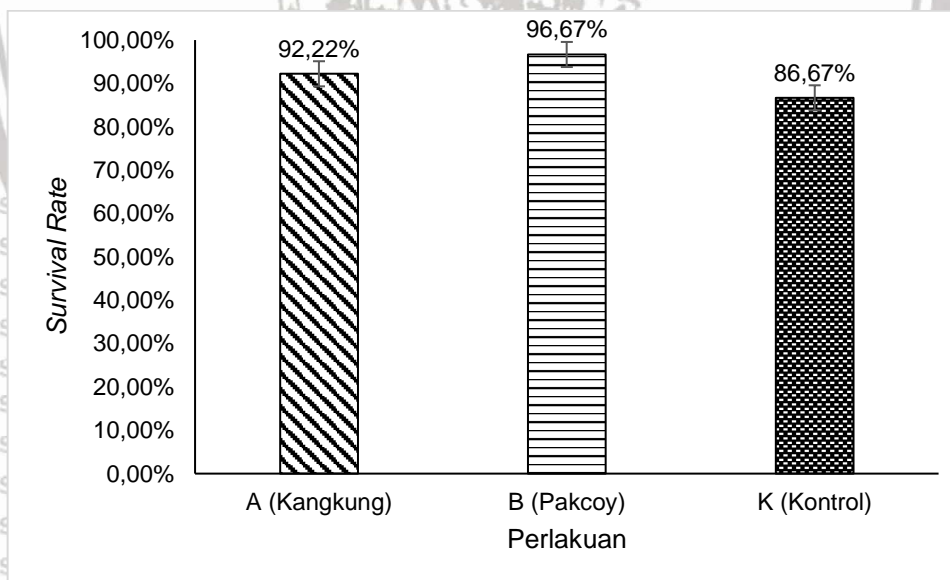
Untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis tanaman akuaponik terhadap SR ikan nila (*Oreochromis sp.*) dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 27:

Tabel 27. Uji Sidik Ragam SR Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	150,62	75,31	4,69 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	96,33	16,05			
Total	8					

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata.

Hasil perhitungan terhadap SR ikan nila (*Oreochromis sp.*) menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 4,69 dimana nilai F Hitung lebih kecil dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan perlakuan akuaponik menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) tidak berpengaruh nyata terhadap SR ikan nila (*Oreochromis sp.*). Berikut grafik parameter uji ikan berupa SR selama penelitian yang tersaji pada Gambar 18:



Gambar 18. Grafik SR.

Berdasarkan grafik SR ikan nila (*Oreochromis sp.*) pada gambar 18, diketahui hasil rata-rata SR ikan nila (*Oreochromis sp.*) selama penelitian untuk seluruh perlakuan diatas 80%. SR terbaik ada pada perlakuan B dengan nilai rata-

rata SR sebesar 96,67% dan terendah ada pada perlakuan K dengan nilai rata-rata SR sebesar 86,67%. Adanya kematian ikan selama penelitian dapat diakibatkan karena stress yang dipicu oleh kualitas air yang belum sesuai dengan dengan kehidupan ikan yang dipelihara. Menurut Siegers *et al.* (2019) kematian ikan dapat terjadi akibat stress yang ditimbulkan karena kualitas air yang tidak optimal bagi kehidupan ikan. Stress yang dialami oleh ikan dapat menurunkan imunitas ikan sehingga ikan rentan terhadap penyakit, selain itu pada penelitian ini diduga penanganan ikan saat sampling dapat memicu stres pada ikan. Berdasarkan hasil penelitian ini, kualitas air amonia yang bersifat toksik bagi ikan pada perlakuan A dan B memiliki konsentrasi yang tidak berbeda nyata. Hal ini berbanding lurus pada hasil kelangsungan hidup ikan, bahwa kelangsungan hidup ikan antar perlakuan tidak berbeda nyata dengan perlakuan terbaik ada pada perlakuan B.

5.5 Pertumbuhan Ikan

5.5.1 Specific Growth Rate (SGR)

Pengambilan data SGR dilakukan menggunakan data biomassa ikan selama penelitian. Pengumpulan data SGR digunakan untuk menunjukkan perbedaan pertumbuhan ikan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai SGR ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dapat dilihat pada Tabel 28:

Tabel 28. Jumlah Rata-rata SGR Hidup Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	1,90	1,58	1,77	5,25	1,75	0,16
B	1,63	1,53	1,79	4,95	1,65	0,13
K	1,51	1,28	1,58	4,37	1,46	0,16
Total				14,57		



Untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis tanaman akuaponik terhadap SGR ikan nila (*Oreochromis sp.*) dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada

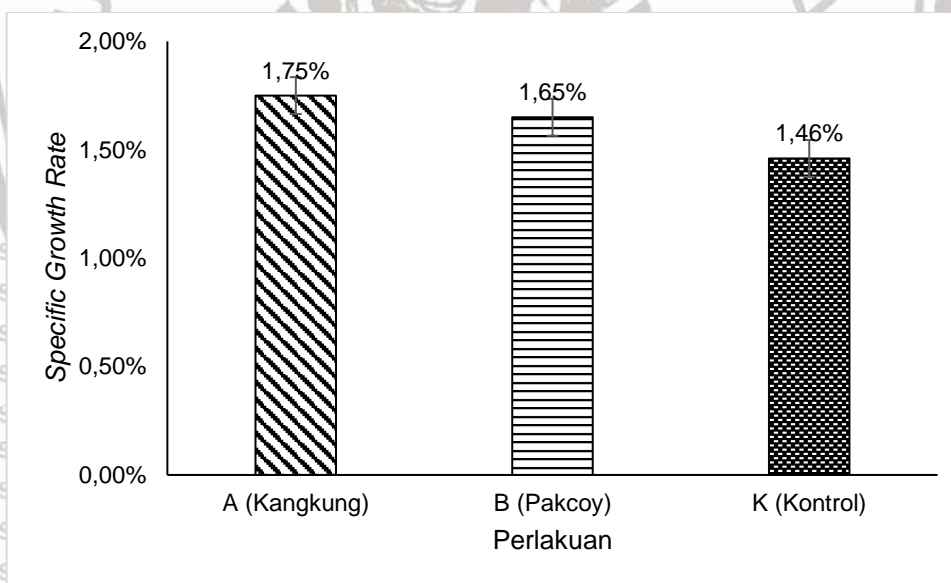
Tabel 29:

Tabel 29. Uji Sidik Ragam SGR Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,13	0,07	2,95 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,14	0,02			
Total	8					

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata.

Hasil perhitungan terhadap SGR ikan nila (*Oreochromis sp.*) menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 2,95 dimana nilai F Hitung lebih kecil dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan perlakuan akuaponik menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) tidak berpengaruh nyata terhadap SGR ikan nila (*Oreochromis sp.*). Berikut grafik parameter uji ikan berupa SGR selama penelitian yang tersaji pada Gambar 19:



Gambar 19. Grafik SGR.

Berdasarkan grafik SGR ikan nila (*Oreochromis sp.*) pada gambar 19, diketahui hasil rata-rata SGR ikan nila (*Oreochromis sp.*) selama penelitian untuk seluruh perlakuan diatas 1%. SR terbaik ada pada perlakuan A dengan nilai rata-rata SGR sebesar 1,75% dan terendah ada pada perlakuan K dengan nilai rata-

rata SR sebesar 1,46%. Pertumbuhan ikan sangat dipengaruhi oleh oleh beberapa faktor internal, umumnya faktor internal sulit dikontrol seperti umur, jenis kelamin, gen atau keturunan, dan penyakit. Terdapat jenis ikan-ikan tertentu seperti ikan betina yang memiliki pertumbuhan fisik yang lebih baik daripada jantan, ataupun sebaliknya (Biantoro, 2014).

Selain faktor internal, pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis sp.*) pada penelitian ini juga dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti kualitas air. Salah satu masalah dalam budidaya ikan nila adalah pertumbuhan ikan yang lambat apabila terjadi perubahan kualitas air, seperti perubahan suhu yang tidak stabil mempengaruhi aktivitas ikan. Kondisi suhu air yang terlalu rendah dan terlalu tinggi menyebabkan ikan mudah terserang penyakit, nafsu makan berkurang dan laju metabolisme menurun. Hal tersebut merupakan penyebab lambatnya pertumbuhan serta tingginya mortalitasikan, sehingga perlunya dilakukan aklimatisasi ikan jika ikan ditempatkan pada suhu yang lebih rendah dari tempat asalnya (Sibagariang *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan, selain suhu, nitrit juga dapat menghambat pertumbuhan ikan. Konsentrasi nitrit perlakuan B lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi nitrit pada perlakuan A. Tingginya konsentrasi nitrit pada penelitian ini terjadi akibat adanya kematian ikan. Semakin tinggi konsentrasi nitrit menghasilkan pertumbuhan yang semakin rendah. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang telah diperoleh, bahwa tanaman kangkung dengan konsentrasi nitrit terendah menghasilkan pertumbuhan terbaik. (Putra *et al.*, 2011).

5.5.2 Feed Conversion Ratio (FCR)

Pengambilan data FCR dilakukan menggunakan data biomassa ikan selama penelitian. Pengumpulan data FCR digunakan untuk menunjukkan perbedaan pertumbuhan ikan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan

data rata-rata nilai FCR ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dapat dilihat pada Tabel 30:

Tabel 30. Jumlah Rata-rata FCR Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	1,43	1,52	1,48	4,43	1,48	0,05
B	1,60	1,73	1,64	4,97	1,66	0,07
K	1,75	1,79	1,72	5,26	1,75	0,04
Total				14,66		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis tanaman akuaponik terhadap FCR ikan nila (*Oreochromis sp.*) dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada

Tabel 31:

Tabel 31. Uji Sidik Ragam FCR Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,12	0,06	23,04**	5,14	10,92
Acak	6	0,02	0,00			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil perhitungan terhadap FCR ikan nila (*Oreochromis sp.*) menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 23,04 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan perlakuan akuaponik menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) berpengaruh sangat nyata terhadap FCR ikan nila (*Oreochromis sp.*). Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel 32:

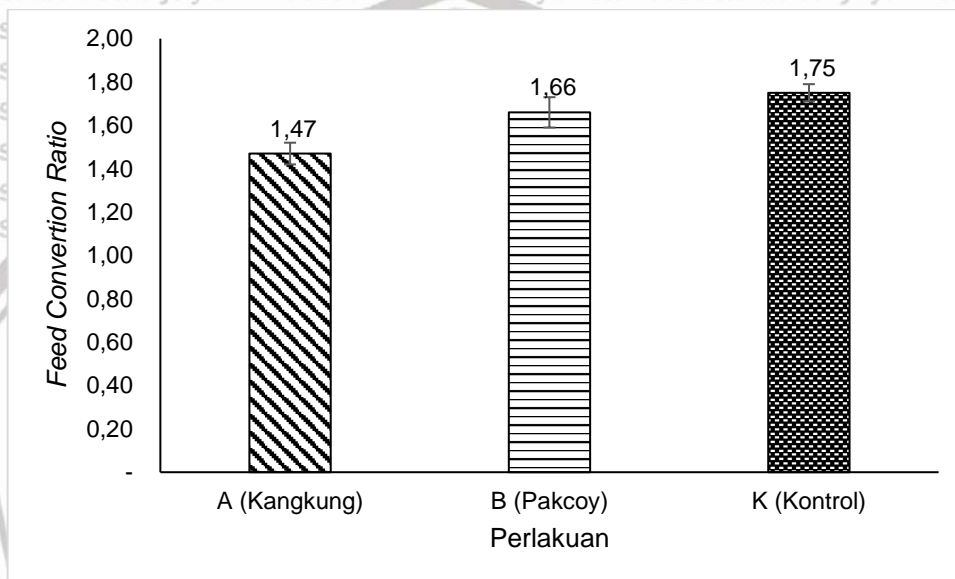
Tabel 32. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) FCR.

Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
	1,48	1,66	1,75	
A	1,48			a
B	1,66	0,18**		b
K	1,75	0,27**	0,09 ^{ns}	b

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata
(**) = berbeda sangat nyata



Berdasarkan Tabel 32, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan b. Perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan K, perlakuan B berbeda sangat nyata dengan perlakuan K dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan A. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan FCR ikan nila (*Oreochromis sp.*) dari yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan K, B kemudian A. Berikut grafik parameter uji ikan berupa FCR selama penelitian yang tersaji pada Gambar 20:



Gambar 20. Grafik FCR.

Berdasarkan grafik FCR ikan nila (*Oreochromis sp.*) pada gambar 20, diketahui hasil rata-rata FCR ikan nila (*Oreochromis sp.*) selama penelitian untuk seluruh perlakuan dibawah 2. FCR terbaik ada pada perlakuan A dengan nilai FCR sebesar 1,47 dan terbesar ada pada perlakuan K dengan nilai rata-rata FCR sebesar 1,75. Semakin rendah nilai FCR menunjukkan bahwa semakin efisien pakan dan pakan yang dimakan digunakan dengan baik oleh ikan untuk pertumbuhan, sehingga pada penelitian ini dapat diketahui bahwa perlakuan terbaik ada pada perlakuan A dengan nilai FCR sebesar 1,47.

Ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang mampu mempergunakan makanan dengan optimal akan dapat memanfaatkan hasil metabolisme untuk tumbuh dan bertahan

hidup. Sistem ketahanan tubuh ikan semakin kuat apabila semua kebutuhan nutrisi tercukupi. Tubuh ikan akan mampu menghalau benda asing atau bakteri yang merugikan tubuhnya. Kekebalan tubuh yang baik dapat menghasilkan kehidupan yang baik pula (Ardita *et al.*, 2015). Kebutuhan ikan terhadap pakan dipengaruhi oleh kualitas pakan. Energi yang diperoleh dari pakan dimanfaatkan untuk menjaga tubuh ikan, metabolisme tubuh, perkembangan, pertumbuhan, pergerakan, pematangan gonad, dan pemijahan (Astriani *et al.*, 2019). Salah satu kandungan gizi penting yang terdapat pada pakan yaitu protein sebagai sumber energi pembangun tubuh (Haetami, 2012). Pakan ikan yang diberikan pada penelitian ini mengandung protein sebesar 33%. Kadar protein tersebut telah memenuhi kebutuhan pakan ikan nila, yaitu sekitar 28-35% (Zulkhasyni *et al.*, 2017).

5.6 Uji Hematologi

5.6.1 Eritrosit

Pengujian eritrosit dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Pengumpulan data eritrosit digunakan untuk menunjukkan perbedaan kadar eritrosit dari masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai eritrosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dapat dilihat pada

Tabel 33:

Tabel 33. Rata-rata Log Eritrosit (sel/mm³) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	2,30	2,28	2,27	6,85	2,28	0,01
B	2,25	2,26	2,24	6,75	2,25	0,01
K	2,23	2,20	2,22	6,65	2,22	0,02
Total				20,24		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis tanaman akuaponik terhadap eritrosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada

Tabel 34:



Tabel 34. Uji Sidik Ragam Eritrosit Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,01	0,00	14,87**	5,14	10,92
Acak	6	0,00	0,00			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil perhitungan terhadap eritrosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 14,87 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan perlakuan akuaponik menggunakan tanaman

kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) berpengaruh sangat nyata terhadap eritrosit ikan nila (*Oreochromis sp.*). Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada

Tabel 35:

Tabel 35. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Eritrosit.

Rata-rata Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	2,22			a
B	2,25	0,03*		b
A	2,28	0,07**	0,03*	c

Keterangan: (*) = berbeda nyata
(**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 35, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan c. Perlakuan B berbeda nyata dengan perlakuan K, perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan K dan berbeda nyata dengan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan eritrosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) dari yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan A, B kemudian K.

Pada penelitian ini, salah satu parameter yang diduga mempengaruhi kadar eritrosit dalam darah ikan nila (*Oreochromis sp.*) adalah kerusakan jaringan insang. Kerusakan jaringan insang menyebabkan berkurangnya efisiensi insang



dalam melakukan fungsinya untuk menyerap oksigen dalam air. Jumlah molekul oksigen yang terserap sedikit oleh insang akan membuat proses metabolisme ikan terganggu. Dengan demikian, ikan tidak mampu mensintesis senyawa-senyawa atau zat-zat yang dibutuhkan termasuk sintesis eritrosit normal. Walaupun sintesis eritrosit masih berjalan, akan tetapi eritrosit yang dihasilkan menjadi abnormal atau prematur yang berakibat pada penurunan kemampuan eritrosit untuk memfiksasi oksigen menjadi rendah (Saputra *et al.*, 2013). Hal tersebut sesuai dengan hasil kadar eritrosit yang diperoleh pada penelitian ini, bahwa kadar eritrosit tertinggi ada pada perlakuan A dengan kadar Log eritrosit sebesar 2,28 dengan hasil rata-rata skoring kerusakan jaringan insang terendah jika dibandingkan dengan perlakuan B dan K.

Mengacu pada hasil penelitian Osman *et al.* (2018), diketahui bahwa kadar eritrosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang diperoleh yaitu sebesar $2,39 \times 10^6$ sel/mm³, hasil tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini yaitu diperoleh rata-rata kadar eritrosit dari yang terbesar hingga terkecil yaitu perlakuan A sebesar $1,91 \times 10^6$ sel/mm³, perlakuan B sebesar $1,77 \times 10^6$ sel/mm³ dan perlakuan K sebesar $1,64 \times 10^6$ sel/mm³ (Lampiran 22). Perbedaan kadar eritrosit ini diduga akibat adanya perbedaan kualitas air pada masing-masing media yang digunakan. Hal ini didukung oleh pernyataan Maftuch (2018), yang menyatakan bahwa salah satu faktor yang menyebabkan adanya perbedaan dari jumlah sel eritrosit yang diteliti adalah kadar polutan yang berada dilingkungan ikan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dikatakan ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dipelihara pada perlakuan A (kangkung) dengan kadar eritrosit yang lebih tinggi memiliki tingkat kesehatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ikan nila (*Oreochromis sp.*) perlakuan B (pakcoy) dan K (kontrol).

5.6.2 Leukosit

Pengujian leukosit dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Pengumpulan data leukosit digunakan untuk menunjukkan perbedaan kadar leukosit dari masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai leukosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dapat dilihat pada Tabel 36:

Tabel 36. Rata-rata Log Leukosit (sel/mm³) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	5,44	5,44	5,45	16,34	5,45	0,01
B	5,48	5,46	5,48	16,41	5,47	0,01
K	5,48	5,52	5,50	16,51	5,50	0,02
Total				49,26		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis tanaman akuaponik terhadap leukosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada

Tabel 37:

Tabel 37. Uji Sidik Ragam Leukosit Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,01	0,00	18,01**	5,14	10,92
Acak	6	0,00	0,00			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil perhitungan terhadap leukosit ikan nila menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 18,01 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1%, sehingga dapat dikatakan perlakuan akuaponik menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) berpengaruh sangat nyata terhadap leukosit ikan nila (*Oreochromis sp.*). Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel 38:



Tabel 38. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Leukosit.

Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	5,45			a
B	5,47	0,026*		b
K	5,50	0,059**	0,033*	c

Keterangan: (*) = berbeda nyata
(**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 38, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan c. Perlakuan B berbeda nyata dengan perlakuan A, perlakuan K berbeda sangat nyata dengan perlakuan A dan berbeda nyata dengan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan leukosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) dari yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan K, B kemudian A.

Jumlah eritrosit dan leukosit bersifat berbanding terbalik, artinya semakin tinggi jumlah eritrosit maka semakin rendah jumlah leukositnya (Lestari *et al.*, 2017). Pada penelitian ini diketahui bahwa hasil perlakuan A yang memiliki kadar Log leukosit terendah sebesar 5,45 diikuti dengan kadar Log eritrosit terbesar yaitu sebesar 2,28 dan perlakuan A yang memiliki kadar Log leukosit terendah sebesar 5,45 diikuti dengan kadar Log eritrosit terbesar yaitu sebesar 2,28.

Mengacu pada hasil penelitian Saparuddin *et al.* (2020), diketahui bahwa kadar leukosit ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang diperoleh yaitu sebesar $10,25 - 11,39 \times 10^4$ sel/mm³, hasil tersebut lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini yaitu diperoleh rata-rata kadar leukosit dari yang terbesar hingga terkecil yaitu perlakuan K sebesar $31,93 \times 10^4$ sel/mm³, perlakuan B sebesar $29,59 \times 10^4$ sel/mm³ dan perlakuan A sebesar $27,89 \times 10^4$ sel/mm³ (Lampiran 23).

Peningkatan leukosit ini mengindikasikan bahwa ikan memberikan respon tanggap kebal terhadap adanya benda asing yang masuk ke dalam tubuh (Utami *et al.*, 2013). Perbedaan kadar leukosit dapat menentukan kesehatan ikan, semakin tinggi kadar leukosit dari normal maka tingkat kesehatan ikan akan semakin



rendah. Hal ini didukung oleh pernyataan Mahasri *et al.* (2011), yang menyatakan bahwa peningkatan jumlah leukosit menunjukkan adanya respon perlawanan tubuh terhadap agen penyebab penyakit, sehingga dapat dikatakan ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dipelihara pada perlakuan A (kangkung) dengan kadar leukosit yang lebih rendah memiliki tingkat kesehatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ikan nila (*Oreochromis sp.*) perlakuan B (pakcoy) dan K (kontrol).

5.6.3 Hemoglobin

Pengujian hemoglobin dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Pengumpulan data hemoglobin digunakan untuk menunjukkan perbedaan kadar hemoglobin dari masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data rata-rata nilai hemoglobin ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dapat dilihat pada Tabel 39:

Tabel 39. Rata-rata Hemoglobin (gr%) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	5,90	5,75	5,70	17,35	5,78	0,10
B	5,40	5,65	5,40	16,45	5,48	0,14
K	5,25	5,15	4,95	15,35	5,12	0,15
Total				49,15		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis tanaman akuaponik terhadap hemoglobin ikan nila (*Oreochromis sp.*) dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 40:

Tabel 40. Uji Sidik Ragam Hemoglobin Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,49	0,24	6,77*	5,14	10,92
Acak	6	0,21	0,04			
Total	8					

Keterangan: (*) = berbeda nyata.

Hasil perhitungan terhadap hemoglobin ikan nila (*Oreochromis sp.*) menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 6,77 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5%, sehingga dapat dikatakan perlakuan akuaponik menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) berpengaruh nyata terhadap hemoglobin ikan nila (*Oreochromis sp.*). Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel 41:

Tabel 41. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Hemoglobin.

Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	5,12			a
B	5,48	0,37*		b
A	5,78	0,67**	0,30*	c

Keterangan: (*) = berbeda nyata
 (**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 41, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan c. Perlakuan B berbeda nyata dengan perlakuan K, perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan B dan berbeda nyata dengan perlakuan K. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan hemoglobin ikan nila (*Oreochromis sp.*) dari yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan A, B kemudian K.

Kadar hemoglobin berhubungan erat dengan kondisi histopatologi insang. Tingkat kerusakan histologi yang tinggi akan menurunkan kadar hemoglobin (Saputra *et al.*, 2013). Selain itu, pada penelitian ini kadar hemoglobin dipengaruhi oleh konsentrasi amonia pada media budidaya. Amonia dapat mempengaruhi pH darah yang menyebabkan menurunnya kadar hemoglobin, ketika konsentrasi amonia didalam air tinggi, maka akan menyebabkan ikan tidak dapat mengekskresikan amonia darah ke air melalui insang dan pada akhirnya amonia terakumulasi di dalam hemoglobin (Nirmala *et al.*, 2012). Mengacu pada hasil penelitian Safitri *et al.* (2013), diketahui bahwa kadar hemoglobin ikan nila



(*Oreochromis sp.*) yang diperoleh yaitu sebesar 6,10 – 8,50 gr%, hasil tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini yaitu diperoleh rata-rata kadar hemoglobin dari yang terbesar hingga terkecil yaitu A sebesar 5,78 gr%, perlakuan B sebesar 5,48 gr% dan perlakuan K sebesar 5,12 gr%.

Maftuch *et al.* (2012) menambahkan, bahwa kondisi insang yang semakin buruk menyebabkan kerja insang terganggu, yang berimbas pada kesulitan Hb mengikat oksigen. Berkurangnya jumlah eritrosit juga diduga disebabkan karena terjadinya anemia pada ikan. Anemia berdampak pada terhambatnya pertumbuhan ikan, karena rendahnya jumlah eritrosit mengakibatkan suplai makanan ke sel, jaringan dan organ akan berkurang sehingga proses metabolisme ikan akan terhambat, sehingga dapat dikatakan ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dipelihara pada perlakuan A (kangkung) dengan kadar hemoglobin yang lebih tinggi memiliki tingkat kesehatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ikan nila (*Oreochromis sp.*) perlakuan B (pakcoy) dan K (kontrol).

5.6.4 Hematokrit

Pengujian hematokrit dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Pengumpulan data hematokrit digunakan untuk menunjukkan perbedaan kadar hematokrit dari masing-masing perlakuan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan data hasil rata-rata nilai hematokrit ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dapat dilihat pada Tabel 42:

Tabel 42. Rata-rata Hematokrit (%) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	26,60	27,00	27,45	81,05	27,02	0,43
B	26,50	25,90	27,30	79,70	26,57	0,70
K	24,85	24,40	24,35	73,60	24,53	0,28
Total				234,35		

Untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis tanaman akuaponik terhadap hematokrit ikan nila (*Oreochromis sp.*) dilakukan uji sidik ragam yang disajikan pada Tabel 43:

Tabel 43. Uji Sidik Ragam Hematokrit Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	10,50	5,25	21,01**	5,14	10,92
Acak	6	1,50	0,25			
Total	8					

Keterangan: (**) = berbeda sangat nyata.

Hasil perhitungan terhadap hematokrit ikan nila (*Oreochromis sp.*) menggunakan Uji F diperoleh nilai F Hitung perlakuan sebesar 21,01 dimana nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Hitung lebih besar dari nilai F Tabel 5% dan F Tabel 1% sehingga dapat dikatakan perlakuan akuaponik menggunakan tanaman kangkung (*I. reptans*) dan pakcoy (*B. rapa*) berpengaruh sangat nyata terhadap hematokrit ikan nila (*Oreochromis sp.*). Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel 44:

Tabel 44. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Hematokrit.

Rata-rata Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	24,53			a
B	26,57	2,03**		b
A	27,02	2,48**	0,45 ^{ns}	b

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata
 (*) = berbeda nyata
 (**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan Tabel 44, diketahui hasil uji beda nyata terkecil (BNT) antara perlakuan diperoleh notasi a, b dan b. Perlakuan B berbeda sangat nyata dengan perlakuan K, perlakuan A berbeda sangat nyata dengan perlakuan K dan tidak berbeda nyata dengan perlakuan B. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa urutan hematokrit ikan nila (*Oreochromis sp.*) dari yang terbesar sampai pada yang terkecil yaitu perlakuan A, B kemudian K.



Mengacu pada hasil penelitian Hardi *et al.* (2011), diketahui bahwa kadar hematokrit ikan nila (*Oreochromis sp.*) normal berkisar antara 27,3–37,8%, hasil tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil penelitian ini yaitu diperoleh rata-rata hematokrit dari yang terbesar hingga terkecil yaitu perlakuan perlakuan perlakuan A sebesar 27,02%, perlakuan B sebesar 26,67% dan perlakuan K sebesar 24,53%. Penurunan persentase hematokrit mengindikasikan adanya stres pada ikan. Stres tersebut dapat diakibatkan karena perubahan kualitas air, khususnya pada sistem akuaponik yang berpeluang paling besar mempengaruhi stres dari ikan budidaya adalah unsur nitrogen (amonia, nitrit dan nitrat) yang terakumulasi (Royan *et al.*, 2014; Yanto *et al.*, 2015), sehingga dapat dikatakan ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dipelihara pada perlakuan A (kangkung) dengan kadar hematokrit yang lebih tinggi memiliki tingkat kesehatan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ikan nila (*Oreochromis sp.*) perlakuan B (pakcoy) dan K (kontrol).

Berdasarkan hasil hematologi yang diperoleh (eritrosit, leukosit, hemoglobin dan hematokrit), menunjukkan bahwa perlakuan dengan kualitas darah yang lebih rendah berbanding lurus dengan tingkat konsentrasi amonia yang lebih tinggi. Hasil tersebut membuktikan bahwa amonia memiliki daya toksik yang dapat menurunkan kualitas darah ikan. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Pahrul *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa toksisitas amonia dimulai ketika proses inhalasi amonia berlangsung, amonia akan diserap oleh insang kemudian amonia berikatan dengan darah. Di dalam darah, sebagian NH_3 akan terionisasi oleh H_2O menjadi senyawa baru yaitu NH_4^+ dan OH^- dan sebagiannya lagi akan tetap menjadi NH_3 yang mana proses ini dapat mengganggu proses difusi O_2 dalam darah yang menyebabkan peningkatan radikal bebas sehingga terjadinya stress oksidatif. Menurut Ciccoli *et al.* (2003), stress oksidatif sel darah merah dan pelepasan zat besi dalam darah terjadi dalam bentuk reaktif melalui reaksi Fenton

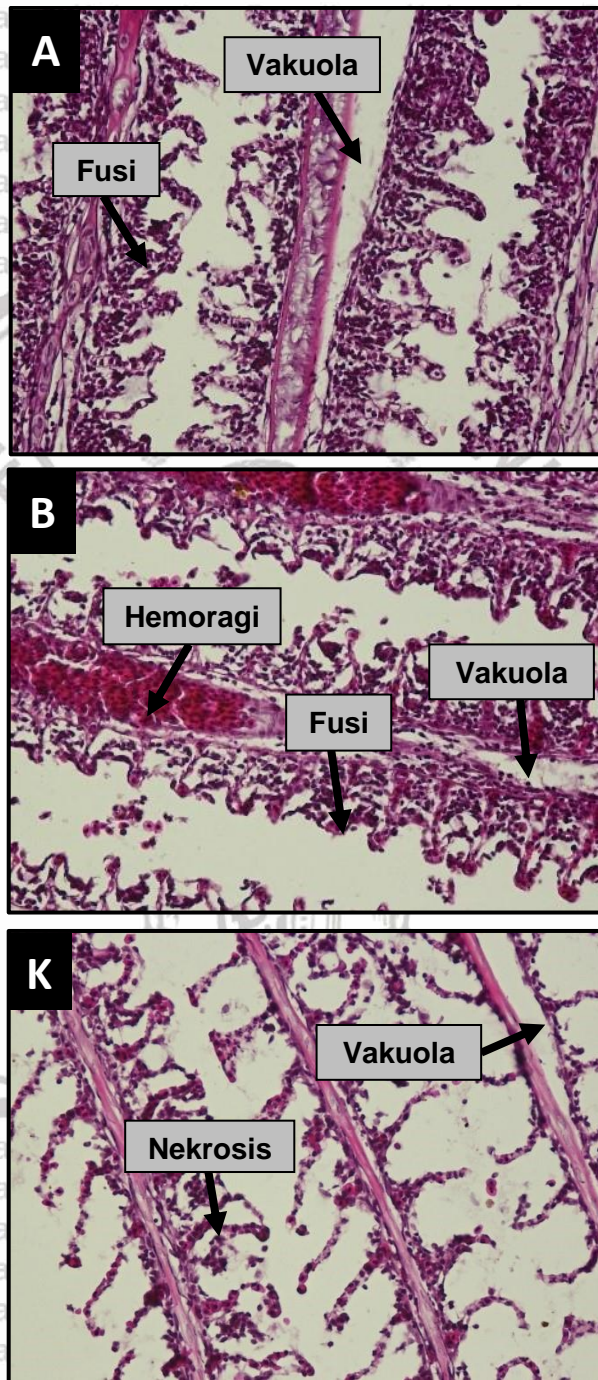
di dalam eritrosit. Ketika eritrosit diinkubasi dalam media yang mengandung zat pengoksidasi, pelepasan besi dan reaksi Fenton menyebabkan pembentukan radikal hidroksil. Marzocchi *et al.* (2005) menambahkan bahwa zat besi yang dilepaskan dari hemoglobin disertai dengan pembentukan methemoglobin. Zat besi akan berdifusi dari eritrosit ke dalam media inkubasi. Difusi tersebut, secara bersamaan mempengaruhi kerentanan yang lebih tinggi untuk melepaskan zat besi pada eritrosit yang baru diproduksi, hal tersebut dapat mengindikasikan munculnya zat besi bebas pada plasma eritrosit yang baru. Semakin tinggi konsentrasi zat besi bebas maka akan semakin tinggi tingkat peroksidasi lipid dan protein. Oleh karena itu, eritrosit merupakan salah satu target radikal bebas ekstraseluler dan sekaligus generator stress oksidatif yang dapat mengakibatkan hemolisis pada eritrosit.

5.7 Histopatologi Insang

Hasil gambaran jaringan insang ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang diberi perlakuan penambahan tanaman dalam sistem akuaponik maupun tanpa penambahan tanaman (kontrol), memperlihatkan hasil histopatologi yang berbeda-beda pada setiap perlakuan. Perlakuan A ditemukan kerusakan jaringan berupa fusi dan vakuola, perlakuan B ditemukan kerusakan jaringan berupa fusi, vakuola dan hemoragi, sedangkan pada perlakuan K ditemukan kerusakan jaringan berupa vakuola dan nekrosis. Perbedaan kerusakan yang terjadi pada jaringan insang ikan nila (*Oreochromis sp.*) dapat ditunjukkan melalui hasil persentase kerusakan jaringan. Berikut adalah persentase kerusakan jaringan insang yang menunjukkan status kerusakannya yang dapat dilihat pada tabel 45 dan gambaran jaringan insang pada setiap perlakuan yang dapat dilihat pada gambar 21 berikut:

Tabel 45. Persentase Kerusakan Insang

Perlakuan	Persentase Kerusakan (%)				Jumlah % Kerusakan	Status Kerusakan
	Fusi	Vakuola	Hemoragi	Nekrosis		
A	41,69	5,67	-	-	47,36	Sedang
B	22,33	9,64	19,67	-	51,64	Berat
K	-	13,42	-	61,00	74,42	Sangat Berat



Gambar 21. Gambaran Kerusakan Insang Perlakuan Kangkung (A), Perlakuan Pakcoy (B) dan Perlakuan Kontrol (K) (Perbesaran 40x).

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui tingkat kerusakan jaringan insang dari yang terendah hingga tertinggi yaitu perlakuan A sebesar 47,36% dengan status kerusakan sedang, perlakuan B sebesar 51,64% dengan status kerusakan berat dan perlakuan K sebesar 74,42% dengan status kerusakan sangat berat. Kerusakan jaringan yang diperoleh berupa fusi, vakuola, hemoragi dan nekrosis.

Fusi lamella terjadi akibat peningkatan hiperplasia secara terus menerus dan menyebabkan terisinya ruang antar lamella sekunder oleh sel-sel baru yang kemudian memicu terjadinya perlekatan pada kedua sisi lamella (Saputra *et al.*, 2013; Sipahutar *et al.*, 2013). Fusi pada jaringan insang termasuk ke dalam tingkat kerusakan yang berat, dapat diketahui dari meleburnya dua jaringan atau lebih karena rusaknya jaringan epitel dan juga ditandai dengan hilangnya atau tidak terlihatnya lamella sekunder pada insang (Mutiara *et al.*, 2013; Juanda dan Edo, 2018). Fusi lamella sekunder dapat mengakibatkan terjadinya telangiectasis dan mengakibatkan kematian ikan karena kekurangan oksigen dan perubahan osmoregulasi ion tubuh ikan (Utami *et al.*, 2017). Kerusakan insang berupa fusi dari presentase terendah hingga presentase tertinggi pada penelitian ini yaitu perlakuan K sebesar 0%, perlakuan B sebesar 22,33% dan perlakuan A dengan persentase kerusakan sebesar 41,69%.

Fusi lamella sekunder dengan tingkat infestasi yang parah akan menimbulkan vakuola berukuran kecil maupun besar (Sudaryatma dan Eriawati, 2012). Vakuola adalah ruangan dalam sel yang berisi cairan yg berupa rongga yang diseliputi membran. Cairan tersebut seperti enzim, lipid, alkaloid, garam mineral, asam dan basa (Jamin dan Erlangga, 2016). Pacheco dan Santos (2002) menjelaskan bahwa peningkatan vakuolisasi pada suatu jaringan merupakan sinyal proses degeneratif yang menunjukkan kerusakan metabolik yang terkait dengan paparan air yang terkontaminasi oleh senyawa toksik. Kerusakan insang

berupa vakuola dari presentase terendah hingga presentase tertinggi pada penelitian ini yaitu perlakuan A sebesar 5,67%, perlakuan B sebesar 9,64% dan perlakuan K dengan persentase kerusakan sebesar 13,42%.

Hemoragi (perdarahan) dapat dikenali dengan adanya titik darah dengan spot kecil maupun besar, hal ini terjadi bila kongesti sudah sangat parah, maka pembuluh darah akan pecah dan darah berada pada tempat yang tidak semestinya (pendarahan) (Jamin dan Erlangga, 2016; Juanda dan Edo, 2018).

Hemoragi menyebabkan terganggunya suplai darah ke sel-sel epitel yang ditandai dengan adanya perdarahan yaitu ditemukannya spot berwarna merah yang menyebar (Juanda dan Edo, 2018). Kerusakan insang berupa hemoragi dari presentase terendah hingga presentase tertinggi pada penelitian ini yaitu perlakuan A sebesar 0%, perlakuan K sebesar 0% dan perlakuan B dengan persentase kerusakan sebesar 19,67%.

Sel yang mengalami nekrosis dapat dikenali dari bentuk intinya yang mengecil (piknotik), membesar, kabur atau hilang (karyolisis). Nekrosis juga dikenali dari hilangnya sitoplasma sehingga tidak menyerap zat warna HE yang diberikan dalam proses pembuatan preparate histologi (Sukarni *et al.*, 2012).

Nekrosis merupakan pertanda bahwa telah terjadi kerusakan kronis yang bersifat ireversibel (Rahayu *et al.*, 2013). Nekrosis yang terjadi pada penelitian ini dimungkinkan karena ikan terpapar oleh zat toksik berupa amonia dalam waktu yang lama, akibatnya sel-sel akan mengalami penyusutan dan jika sudah parah akan mengakibatkan sel hancur, tidak berbentuk lagi, dan akhirnya mengalami kematian sel atau nekrosis (Susanah *et al.*, 2013). Kerusakan insang berupa nekrosis dari presentase terendah hingga presentase tertinggi pada penelitian ini yaitu perlakuan A sebesar 0%, perlakuan B sebesar 0% dan perlakuan K dengan persentase kerusakan sebesar 61,00%.

Berdasarkan hasil histopatologi yang diperoleh, menunjukkan bahwa perlakuan dengan tingkat kerusakan jaringan insang yang lebih tinggi berbanding lurus dengan tingkat konsentrasi amonia yang lebih tinggi juga. Hasil tersebut membuktikan bahwa amonia memiliki daya toksik yang dapat merusak jaringan insang ikan. Hal tersebut didukung oleh pernyataan Pahrul *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa amonia yang masuk ke dalam tubuh akan menjadi suatu senyawa kimia memiliki atom bebas pada lapisan luarnya. Amonia berubah menjadi radikal bebas karena memiliki atom yang bebas dan berusaha untuk melengkapi lapisan luarnya agar lebih stabil dengan mengikat molekul lain dari organ tubuh. Dalam mencapai kestabilan tersebut amonia akan mengikat lipid dari membran insang dan membentuk peroksidasi lipid sehingga dalam jangka waktu lama akan menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan pada membran insang.

Selain itu amonia secara langsung juga merangsang stres oksidatif dan nitrosatif pada astrosit melalui peningkatan kalsium intraselular yang menyebabkan disfungsi mitokondria dan kegagalan produksi energi selular melalui pembukaan pori-pori transisi mitokondria. Amonia juga menginduksi oksidasi RNA dan aktivasi protein kinase untuk mitogenesis yang bertanggung jawab pada peningkatan aktivitas sitokin dan respon inflamasi sehingga mengganggu aktivitas pensinyalan intraselular (Norenberg *et al.*, 2009). Amonia yang telah menjadi radikal bebas dapat dinetralisir melalui mekanisme pertahanan antioksidan primer/*chain breaking* /*scavenger antioxidants* yaitu menetralkan radikal bebas dengan mendonasikan satu elektronnya. Molekul antioksidan yang telah kehilangan satu elektronnya akan menjadi radikal bebas yang baru, namun dianggap relatif stabil atau akan lebih mudah dinetralisir oleh antioksidan lainnya (Masaki *et al.*, 2010). Akan tetapi pada sistem budidaya tertutup, amonia yang terus terakumulasi secara terus menerus menyebabkan mekanisme pertahanan antioksidan primer semakin lama akan semakin menurun.

Mengacu pada hasil histopatologi, secara keseluruhan dapat dikatakan ikan nila (*Oreochromis sp.*) yang dipelihara pada perlakuan A (kangkung) dengan persentase kerusakan jaringan insang sebesar 47,36% memiliki tingkat kerusakan jaringan insang yang lebih rendah jika dibandingkan dengan ikan nila (*Oreochromis sp.*) perlakuan B (pakcoy) dan K (kontrol).



BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian pengaruh aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan jenis tanaman terhadap hematologi dan histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*) yaitu sebagai berikut:

1. Aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan tanaman berpengaruh terhadap hematologi ikan nila (*Oreochromis sp.*). Perlakuan terbaik yaitu perlakuan A (kangkung) yang memiliki nilai rata-rata Log eritrosit sebesar 2,28, Log leukosit 5,45, hemoglobin 5,78 gr% dan hematokrit 18,73%. Sedangkan hasil hematologi dengan kualitas terendah ada pada perlakuan K (kontrol) yang memiliki nilai Log eritrosit sebesar 2,22, Log leukosit 5,50, hemoglobin 5,12 g% dan hematokrit 16,68%.
2. Aplikasi sistem akuaponik dengan menggunakan perbedaan tanaman berpengaruh terhadap histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis sp.*). Kerusakan yang ditemui berupa fusi, vakuola, hemoragi dan nekrosis. Berdasarkan hasil persentase kerusakan jaringan, diketahui kerusakan jaringan terendah ada pada perlakuan A (kangkung) yang memiliki jumlah persen kerusakan sebesar 47,36% dengan status kerusakan sedang.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu jika dibandingkan dengan tanaman pakcoy, tanaman kangkung lebih baik digunakan dalam sistem akuaponik karena kangkung merupakan tanaman yang lebih efektif memanfaatkan nitrogen sebagai nutrisi penting untuk pertumbuhan dalam sistem budidaya, sehingga berdampak

baik terhadap kesehatan ikan yang ditunjang dari hasil histopatologi insang dan hematologi.



DAFTAR PUSTAKA

- Akter, B., S. C. Chakraborty dan Md. A. Salam. 2018. Aquaponic production of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and water spinach (*Ipomoea aquatica*) in Bangladesh. *Research in Agriculture, Livestock and Fisheries*. **5**(1): 93-106.
- Alamanda, I., N. S. Handajani dan A. Budiharjo. 2007. Penggunaan metode hematologi dan pengamatan endoparasit darah untuk penetapan kesehatan ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) di kolam budidaya Desa Mangkubumen Boyolali. *Biodiversitas*. **8**(1): 34-38.
- Alviani, P. 2015. Bertanam Hidroponik untuk Pemula. Bibit Publisher. Jakarta. 152 hlm.
- Amirin, T. M. 1990. Menyusun Rencana Penelitian. Rajawali Press. Jakarta. Hlm. 20.
- Andayani, S., H. Suprastyani, G. D. A. Gumala dan U. Oktafa. 2017. Pengaruh pemberian bakteri *Lactobacillus plantarum* terhadap histopatologi dan hematologi ikan patin jambal (*Pangasius djambal*) yang diinfeksi bakteri *Edwardsiella tarda*. *Journal of Fisheries and Marine Science*. **1**(4): 31-38.
- Anderson D. P. dan A. K. Siwicki. 1995. Basic Hematology and Serology for Fish Health Programs. Fish Health Section, Asian Fisheries Society. Phillipines. Hal 185-202.
- Androva, A. dan I. Harjanto. 2017. Studi peningkatan kadar dissolved oksigen air setelah di injeksi dengan aerator kincir angin savonius arreus, menggunakan do meter type lutron do-5510. *Jurnal Ilmiah Teknosains*. **3**(2): 114-122.
- Annisa, Febri dan Leni. 2016. Urban Farming Bertani Kreatif Sayur, Hias, dan Buah. AgriFlo. Jakarta. 116 hlm.
- Apriyanti, R. N. dan D. S. Rahimah. 2016. Akuaponik Praktis. PT Trubus Swadaya. Depok. 128 hlm.
- Ardita, N., A. Budiharjo dan S. L. A Sari. 2015. Pertumbuhan dan rasio konversi pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan penambahan prebiotik. *Bioteknologi*. **12**(1): 16-21.
- Asniatih, M. Idris dan K. Sabilu. 2013. Studi histopatologi pada ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang terinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. *Jurnal Mina Laut Indonesia*. **3**(12): 13-21.
- Astriani, N. L. A. G., I. W. Arthana dan G. R. A. Kartika. 2019. Potensi probiotik skala rumah tangga untuk meningkatkan laju pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Current Trends in Aquatic Science*. **2**(2): 33-39.
- Bachri, Z. 2017. Kangkung Hidroponik. Penebar Swadaya. Jakarta. Hlm 55.

Bararah, A. S., Ernawati dan D. Andreswari. 2017. Implementasi *casebased reasoning* untuk diagnosa penyakit berdasarkan gejala klinis dan hasil pemeriksaan hematologi dengan probabilitas bayes (studi kasus: RSUD Rejang Lebong). *Jurnal Rekursif*. **5**(1): 43-53.

Biantoro, R. 2014. Hubungan berat–panjang beberapa jenis ikan pantai timur pamanjung pangandaran. *MAJALAH BIAM*. **10**(2): 68-75.

Bond, 1979. *Biology of Fishes*. W.B Saunders, Philadelphia. London Toronto. 514 hlm

Boyd, C. E. 1990. *Water Quality in Pond Aquaculture*. Birmingham Publishing Co. Alabama. 482 hlm.

Cahyono, B. 2003. *Teknik dan Strategi Budidaya Sawi Hijau*. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta.

Camargo, J. A., A. Alonso dan A. Salamanca. 2005. Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*. **58**:1255–1267.

Candra, C. D., W. S. D. Yamika dan R. Soelistyono. 2020. Pengaruh debit aliran nutrisi dan jenis media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kale (*Brassica oleracea* var. *acephala*) pada sistem hidroponik *nutrient film technique* (NFT). *Jurnal Produksi Tanaman*. **8**(1): 8-15.

Carman, O. dan A. Sucipto. 2013. *Pembesaran Nila 2,5 Bulan*. Penebar Swadaya: Jakarta. 100 hlm.

Cerozi, B. S. dan K. Fitzsimmons. 2016. Use of *Bacillus* spp. to enhance phosphorus availability and serve as a plant growth promoter in aquaponics systems. *Scientia Horticulturae*. **211**: 277–282.

Ciccoli, L., V. Rossi dan S. Leoncini. 2003. Iron release in erythrocytes and plasma non-protein bound iron in hypoxic and non-hypoxic newborns. *Free Radical Research*. **37**(1): 51–58.

Deswati, N. Febriani, H. Pardi, Y. Yusuf dan H. Suyani. 2018. Applications of aquaponics on pakcoy (*Brassica rapa* L) and nila fish (*Oreochromis niloticus*) to the concentration of ammonia, nitrite and nitrate. *Oriental Journal of Chemistry*. **34**(5): 2447-2455.

Drishya, M. K., S. K. Binu, M. K. Mohan, P. A. Ambikadevi dan B. Aswin. 2016. Histopathological changes in the gills of fresh water fish, *Catla catla* exposed to electroplating effluent. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. **4**(5): 13-16.

Effendi, E., B. A. Utomo, G. M. Darmawangsa dan R. E. Karo-Karo. 2015. Fitoremediasi limbah budidaya ikan lele (*Clarias* sp.) dengan kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) dalam sistem resirkulasi. *Ecolab*. **9**(2): 81-92.

- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 258 hlm.
- Effendi, H., J. A. Margaretha dan M. Krisanti. 2018. Reducing ammonia and chromium concentration in batik wastewater by vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L.) grown in floating wetland. *Applied Ecology and Environmental Research*. **16**(3): 2947-2956.
- Effendie, I. 1979. Metode Biologi Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 112 hlm
- Eko, M. 2007. Budidaya Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). Penebar Swadaya. Jakarta. 126 hlm.
- Elliot, J. M. dan M. A. Hurley. 1995. Functional Ecology: Volume IX. British Ecological Society. British. hlm 625-627
- El-Sayed, A. F. M dan M. Kawanna. 2008. Optimum water temperature boosts the growth performance of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry reared in a recycling system. *Aquaculture Research*. **39**: 670.672.
- Fahmi, A., Syamsudin, S. N. H Utami dan B. Radjagukguk. 2010. Pengaruh interaksi hara nitrogen dan fosfor terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L) pada tanah regosol dan latosol. *Berita Biologi*. **10**(3): 297-304.
- Fathulloh, A. S. dan N. S. Budiana. 2015. Akuaponik Panen Sayur Bonus Ikan. Penebar Swadaya. Jakarta. Hlm 27.
- Frincu, M. dan C. Dumitrache. 2016. Study regarding nitrification in experimental aquaponic system. *Journal of Young Scientist*. **4**: 27-32.
- Gumelar, W. R., I. Nurruhwati, Sunarto dan Zahidah. 2017. Pengaruh penggunaan tiga varietas tanaman pada sistem akuaponik terhadap konsentrasi total amonia nitrogen media pemeliharaan ikan koi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **8**(2): 36-42.
- Haetami, K. 2012. Konsumsi dan efisiensi pakan dari ikan jambal siam yang diberi pakan dengan tingkat energi protein berbeda. *Jurnal Akuatika*. **3**(2): 146-158.
- Hardi, E. H., Sukenda, E. Harris dan A. M. Lusiastuti. 2011. Karakteristik dan patogenisitas *Streptococcus agalactiae* tipe β -hemolitik dan non-hemolitik pada ikan nila. *Jurnal Veteriner*. **12**(2): 152-164.
- Hartami, P., N. Syahputra dan Erlangga. 2015. Teknologi akuaponik dengan tanaman yang berbeda terhadap performa pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan Tropis*. **2**(1): 72-90.
- Hartika, R., Mustahal dan A. N. Putra. 2014. Gambaran darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan penambahan dosis prebiotik yang berbeda dalam pakan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **4** (4): 259-267.

Hastuti, S. D. dan R. J. Karoror. 2008. The effect of Ips (*Lyopopolisaccharide*) injection on phagocytic activity and erythrocyt count of tilapia's blood (*Oreochromis sp.*). *Jurnal Protein*. **15**(1): 33-39.

Hastuti, S. dan Subandiyono. 2011. Performa hematologis ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) dan kualitas air media pada sistim budidaya dengan penerapan kolam biofiltrasi. *Jurnal Saintek Perikanan*. **6**(2): 1-5.

Hertika, S., M., A. dan R. B. D. S. Putra. 2019. Ekotoksikologi untuk Lingkungan Perairan. UB Press. Malang. 150 hlm.

Iqbal, M. dan D. Wisbarti. 2017. Budi Daya Lele Sistem Filtrasi dan Akuaponik. AgroMedia Pustaka. Jakarta. 126 hlm.

Irianto A. 2005. Patologi Ikan Teleostei. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 256 hlm.

Isnawati, N., R. Sidik dan G. Mahasri. 2015. Potensi serbuk daun pepaya untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan pakan, rasio efisiensi protein dan laju pertumbuhan relatif pada budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. **7** (2): 121-124.

Jamin dan Erlangga. 2016. Pengaruh insektisida golongan organofosfat terhadap benih ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*, Bleeker): analisis histologi hati dan insang. *Acta Aquatica*. **3**(2) :46-53.

Juanda, S. J. dan S. I. Edo. 2018. Histopatologi insang, hati dan usus ikan lele (*Clarias gariepinus*) di kota kupang, nusa tenggara timur. *Saintek Perikanan*. **14**(1): 23-29.

Kamiso, H. N, Triyanto dan Hartati, S. 1997. Uji antigenisitas dan efikasi vaksin *Aeromonas hydrophila* pada lele dumbo. *Jurnal Perikanan UGM*. **1**(2): 9-16.

Khairuman dan K. Amri. 2013. Budidaya Ikan Nila. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta. 108 hlm.

Kordi, M. G. H. K. 2009. Budi Daya Perairan Buku Kedua. PT Citra Aditya Bakti. Bandung. 964 hlm.

Kordi, M. G. H. K. 2010. Budi Daya Ikan Nila di Kolam Terpal. Lily Publisher. Yogyakarta. Hlm 22.

Kordi, M. G. H. K. 2013. Budi Daya Nila Unggul. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta. 148 hlm.

Lawson, T. B. 1995. Fundamentals of Aquaculture Engineering. Chapman and Hall. New York. 355 hlm.

Lesmana, D. S. 2015. Ensiklopedia Ikan Hias Air Tawar. Penebar Swadaya. Jakarta. 316 hlm.

Lestari, E., T. R. Setyawati dan A. H. Yanti. 2017. Profil hematologi ikan gabus (*Channa striata* Bloch, 1793). *Protobiont*. **6**(3): 283-289.

Liang, J. dan Y. Chien. 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics system. *International Biodeterioration and Biodegradation*. **85**: 693-700.

Lubis, U. F., N. Marusin dan I. J. Zakaria. 2014. Analisis histologis hati ikan asang (*Osteochilus hasseltii* C.V.) di Danau Maninjau dan Danau Singkarak, Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. **3**(2): 162-167.

Maftuch, H. Nursyam dan Sukarni. 2012. Kajian penggunaan *Ciprofloxacin* terhadap hematologi ikan botia (*Botia macracanthus*, Bleeker) yang diinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. *J.Exp. Life Sci*. **2**(2): 65-69.

Maftuch. 2018. Hematological analysis of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) using hematology analyzer tool software at fish breeding center jojogan, tuban, east java. *Research Journal of Life Science*. **5**(2): 107-115.

Mahasri, G., Widyastuti dan L. Sulmartiwi. 2011. Gambaran leukosit darah ikan koi (*Cyprinus carpio*) yang terinfeksi *Ichthyophthirius multifiliis* pada derajat infestasi yang berbeda dengan metode kohabitasi. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. **3**(1): 91-96.

Maimunah, Y. dan Y. Kilawati. 2020. Performance of growth in tilapia fish in policulture system. *J Food Life Sci*. **4**(1): 42-49.

Mallo, P. Y., S. R. U. A. Sompie, B. S. Narasiang dan Bahrin. 2012. Rancang bangun alat ukur kadar hemoglobin dan oksigen dalam darah dengan sensor *oximeter* secara *non-invasive*. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer UNSRAT*. **1**(1): 1-6.

Marzocchi, B., S. Perrone dan P. Paffetti. 2005. Nonproteinbound iron and plasma protein oxidative stress at birth. *Pediatric Research*. **58**(6): 1295-1299.

Mas'ud, F. 2013. Efektifitas *Candida* sp. sebagai imunostimulan pada ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) terhadap infeksi *A. hydrophila*. *Jurnal Ilmu Eksakta*. **1**(2): 27-38.

Masaki, H. 2010. Role of antioxidants in the skin: anti-aging effects. *Journal of Dermatological Science*. **58**(2), 85-90.

Mayunar. 1990. Pengendalian senyawa nitrogen pada budidaya ikan dengan sistem resirkulasi. *Oseana*. **15**(1): 43-55.

Miller, R. E. dan M. Fowler. 2011. *Fowler's Zoo and Wild Animal Medicine Current Therapy*, Volume 7 1st Edition. Elsevier Saunders: St. Louis. 688 hlm.

Mitchell, D. S. 1974. *Aquatic Vegetation and Its Use and Control*. UNESCO. Paris. 135 hlm.

Moyle, P. B dan J. J. Cech. 2004. *Fish an Introduction to Ichthyology* Fifth Edition. Prentice Hall. New Jersey. 752 hlm.

- Mutiara, A. A., I. Rustikawati dan T. Herawati. 2013. Akumulasi timbal (Pb) dan kadmium (Cd) serta kerusakan pada insang, hati dan daging ikan patin (*Pangasius sp.*) Di waduk saguling. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **4**(4): 1-10.
- Nirmala, K., Y. Hadiroseyani dan R. P. Widiasto. 2012. Penambahan garam dalam air media yang berisi zeolite dan arang aktif pada transportasi sistem tertutup benih ikan gurami *Osphronemus gouramy* Lac. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **11**(2): 190-201.
- Nirmala, K., Y. P. Hastuti dan V. Yuniar. 2012. Toksisitas merkuri (Hg) dan tingkat kelangsungan hidup, pertumbuhan, gambaran darah, dan kerusakan organ pada ikan nila *Oreochromis niloticus*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **11**(1): 38-48.
- Norenberg, M. D., Rao, K. R., & Jayakumar, A. R. 2009. Signaling factors in the mechanism of ammonia neurotoxicity. *Metabolic Brain Disease*. **24**(1), 103-117.
- Nugroho E. dan Sutrisno. 2008. Budidaya Ikan dan Sayuran dengan Sistem Akuaponik. Penebar Swadaya. Depok. 68 hlm.
- Okemwa, E. 2015. Effectiveness of aquaponic and hydroponic gardening to traditional gardening. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*. **2**(12): 21-52.
- Osman, A. G. M., K. Y. A. Fadl, A. E. B. M. A. E. Reheem, U. M. Mahmoud, W. Kloas dan M. A. Moustafa. 2018. Blood biomarkers in nile tilapia *Oreochromis niloticus* and african catfish *Clarias gariepinus* to evaluate water quality of the river nile. *Journal of FisheriesSciences.com*. **12**(1): 1-15.
- Pacheco, M. & M. A. Santos. 2002. Biotransformation, genotoxic and histopathological effects of environmental contaminants in European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **53**: 331-347.
- Pahrul, D., Irfannudin dan Swanny. 2017. Paparan gas amonia karet terhadap perubahan kadar serum MDA (Malondialdehyde). *Biomedical Journal of Indonesia: Jurnal Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya*. **3**(3): 113-119.
- Perrone, S., A. Santacroce, M. Longini, F. Proietti, F. Bazzini dan G. Buonocore. 2018. The free radical diseases of prematurity: from cellular mechanisms to bedside. *Hindawi*. 1-14.
- Prahesti, J., R. Jumadi dan A. R. Rahim. 2019. Penggunaan sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Perikanan Pantura*. **2**(2): 68-77.
- Pramleonita, M., N. Yuliani, R. Arizal dan S. E. Wardoyo. 2018. Parameter fisika dan kimia air kolam ikan nila hitam (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. **8**(1): 24-34.

- Pratisto, A. 2004. Cara Mudah Mengatasi Masalah Statistik dan Rancangan Percobaan dengan SPSS 12. Elex Media Komputindo. Jakarta. Hlm. 292.
- Pratiwi, N. T. M., I. P. Ayu, I. D. K. Utomo, dan I. Maulidiya. 2018. Keberhasilan hidup tumbuhan air genjer (*Limnocharis flava*) dan kangkung (*Ipomoea aquatica*) dalam media tumbuh dengan sumber nutrisi limbah tahu. *Jurnal Biologi Indonesia*. **14**(2): 251-257.
- Prayitno, S.B. 1998. Prinsip-Prinsip Diagnosa Penyakit Ikan. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang. 94 hlm.
- Pribadi, T. D. K., D. Syahidah, S. D. Harjanti dan D. M. Malini. 2017. Alteration of gills and liver histological structure of *Cyprinus carpio* exposed to leachate. *Biosaintifika*. **9**(2): 289-297.
- Priyanto, Y., Mulyana dan F. S. Mumpuni. 2016. Pengaruh pemberian daun ketapang (*Terminalia catappa*) terhadap pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup benih ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Pertanian*. **7**(2): 44-50.
- Putra, A. N. 2015. Metabolisme basal pada ikan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **5**(2): 57-65.
- Putra, I., D. D. Setiyanto dan D. Wahyuningrum. 2011. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan nila *Oreochromis niloticus* dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **16**(1): 56-63.
- Putri, A. K., S. Anggoro dan Djuwito. 2014. Tingkat kerja osmotik dan perkembangan biomassa benih bawal bintang (*Trachinotus blochii*) yang dikultivasi pada media dengan salinitas berbeda. *Diponegoro Journal of Maquares*. **4**(1): 159-168.
- Rahayu, S. D., Z. L. Zulfatin dan A. Nurilian. 2013. Efek histopatologis insektisida λ -cyhalothrin terhadap insang, hati, dan usus halus ikan nila (*Oreochromis niloticus* L., 1758). *Biosfera*. **30**(2): 52-65.
- Rahmatullah, R., M. Das dan S. M. Rahmatullah. 2010. Suitable stocking density of tilapia in an aquaponic system. *Bangladesh J. Fish. Res.* **14**(1-2): 29-35.
- Randall, D.J. dan T. K. N. Tsui. 2002. Ammonia toxicity in fish. *Marine Pollution Bulletin*. **45**: 17-23.
- Ridwantara, D., I. D. Buwono, A. A. S. Handaka, W. Lili dan I. Bangkit. 2019. Uji kelangsungan hidup dan pertumbuhan benih ikan mas mantap (*Cyprinus carpio*) pada rentang suhu yang berbeda. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **10**(1): 46-54.
- Rifqiyati, N., M. J. Luthfi dan A. N. Miftah. 2017. Gambaran histologi insang ikan mas koki (*Carassius auratus*) yang terinfeksi ektoparasit *Argulus* sp. *Jurnal Bionature*. **18**(1): 1-7.
- Rizal, A., Y. Dhahiyat, Zahidah, Y. Andriani, A. A. Handaka dan A. Sahidin. 2018. The economic and social benefits of an aquaponic system for the integrated

- production of fish and water plants. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. **137**: 1-7.
- Royan, F., S. Rejeki dan A. H. C. Haditomo. 2014. Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap profil darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. **3**(2): 109-117.
- Rukmana, R. 1994. Seri Budidaya Kangkung. Kanisius. Yogyakarta. 50 hlm.
- Rukmana, R. 2007. Bertanam Petsai dan Sawi. Kanisius. Yogyakarta. 35 hlm.
- Safitri, D., Sugito dan S. Suryaningsih. 2013. Kadar hemoglobin ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberi cekaman panas dan pakan yang disuplementasikan tepung daun jalloh (*Salix tetrasperma* Roxb). *Jurnal Medika Veterinaria*. **7**(1): 39-41.
- Salasia, S. I. O., D. Sulanjari, dan A. Ratnawati. 2001. Studi hematologi ikan air tawar. *Jurnal Biologi*. **2**(12): 710-723.
- Saparuddin, Yanti, Salim dan H. Muhammad. 2020. Hematological response of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laundry wastewater. *Biogenesis*. **8**(1). 69-78.
- Saputra, A., Irfannuddin dan Swanny. 2018. Pengaruh paparan gas amonia terhadap perubahan kadar serum SGOT dan SGPT pada kelompok berisiko. *Biomedical Journal of Indonesia: Jurnal Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya*. **4**(1): 32-40.
- Saputra, H. M., N. Marusin dan P. Santoso. 2013. Struktur histologis insang dan kadar hemoglobin ikan asang (*Osteochilus hasseltii* C.V.) di danau singkarak dan maninjau, sumatera barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. **2**(2): 138-144.
- Sastrosupadi, A. 2000. Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian (Edisi Revisi). Kanisius. Yogyakarta. Hlm. 276.
- Setiawati, W., R. Murtiningsih, G. A. Sopha dan T. Handayani. 2007. Petunjuk Teknis Budidaya Tanaman Sayuran. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung. 135 hlm.
- Sibagariang, D. I. S., I. E. Pratiwi, Saidah dan A. Hafriliza. 2020. Pola pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) hasil budidaya masyarakat di desa bangun sari baru kecamatan tanjung morawa. *Jurnal Jeumpa*. **7**(2): 443-449.
- Siegers, W. H., Y. Prayitno dan A. Sari. 2019. Pengaruh kualitas air terhadap pertumbuhan ikan nila nirwana (*Oreochromis* sp.) pada tambak payau. *The Journal of Fisheries Development*. **3**(2): 95-104.
- Sipahutar, L. W., D. Aliza, Winaruddin dan Nazaruddin. 2013. Gambaran histopatologi insang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dipelihara dalam temperatur air di atas normal. *Jurnal Medika Veterinaria*. **7**(1): 19-21.

- Siswandari, W. 2005. Nilai Diagnostik Pemeriksaan Imunositokimia Limfosit Sediaan Apus Darah Tepi Dibandingkan Analisis Kromosom pada Penderita dengan Dugaan *Sindroma Fragile X*. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Somerville, C., M. Cohen, E. Pantanella, A. Stankus, dan A. Lovatelli. 2014. Small-scale Aquaponics Food Production: Integrated Fish and Plant Farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rome. 262 hlm.
- Standar Nasional Indonesia. 2009. Produksi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus* Bleeker) Kelas Pembesaran di Kolam Tenang. Badan Standardisasi nasional (BSN). 5 hlm.
- Standar Nasional Indonesia. 2009. Produksi Induk Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus* Bleeker) Kelas Induk Pokok. Badan Standardisasi nasional (BSN). 8 hlm.
- Strickland, J. D. H. dan T. R. Parson. 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa. Canada. 310 hlm.
- Su, M. H., E. Azwar, Y. F. Yang, C. Sonne, P. N. Yek, R. K. Liew, C. K. Cheng, P. L. Show dan S. S. Lam. 2020. Simultaneous removal of toxic ammonia and lettuce cultivation in aquaponic system using microwave pyrolysis biochar. *Journal of Hazardous Materials*. **396**: 1-10.
- Sudaryatma, P. E. dan N. N. Eriawati. 2012. histopatologis insang ikan hias air laut yang terinfestasi *Dactylogyrus* sp. *Jurnal Sain Veteriner*. **30**(1): 68-75.
- Sukardi, P., P. H. T. Soedibya dan T. B. Pramono. 2018. Produksi budidaya ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sistem bioflok dengan sumber karbohidrat berbeda. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*. **3**(2): 198-203.
- Sukarni, Maftuch dan H. Nursyam. 2012. Kajian penggunaan ciprofloxacin terhadap histologi insang dan hati ikan botia (*Botia macracanthus*, bleeker) yang diinfeksi bakteri *Aeromonas hydrophila*. *J.Exp. Life Sci*. **2**(1): 6-12.
- Sukoco, F. A., B. S. Rahardja dan A. Manan. 2016. Pengaruh pemberian probiotik berbeda dalam sistem akuaponik terhadap fcr (feed conversion ratio) dan biomassa ikan lele (*Clarias* sp.). *Journal of Aquaculture and Fish Health*. **6**(1): 24-31.
- Sungkar, M. 2015. Akuaponik Ala Mark Sungkar. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta. 108 hlm.
- Surachmad, W. 1975. Dasar dan Teknik Research: Pengantar Metodologi Ilmiah. Tarsito. Bandung. 328 hlm.
- Suratman, D. Priyanto dan A. D. Setyawan. 2000. Analisis keragaman genus *Ipomoea* berdasarkan karakter morfologi. *Biodiversitas*. **1**(2): 72-79.
- Susanah, U. A., K. Santosa dan N. R. Utami. 2013. Struktur mikroanatomi insang ikan bandeng di tambak wilayah tapak kelurahan tugurejo kecamatan tugu Semarang. *Biosantifika*. **5**(1): 65-73.

- Sutomo. 1989. Pengaruh amonia terhadap ikan dalam budidaya sistem tertutup. *Oseana*. **14**(1): 19-26.
- Suyanto, S. R. 2010. Pembenihan dan Pembesaran Nila. Penebar Swadaya. Jakarta 128 hlm.
- Tacon, A. E. J. 1987. The Nutrition and Feeding Formed Fish and Shrimp. A Training Manual Food and Agriculture of United Nation Brazilling. Brazil. 108 hlm.
- Tambunan, P. M. 2018. Studi pengaruh pH dan kesadahan terhadap pertumbuhan ikan mas koi (*Cyprinus carpio*) dengan media pertumbuhan air sungai tuntungan. *Jurnal Saintika*. **18**(1): 8-11.
- Tani'ia, O. dan S. J. Kune. 2016. Analisis pendapatan usahatani sayur kangkung di Kelurahan Bansone Kecamatan Kota Kefamenanu Kabupaten Timor Tengah Utara. *Jurnal Agribisnis Lahan Kering*. **1**(4): 72-74.
- Tatangindatu, F., O. Kalesaran dan R. Rompas. 2013. Studi parameter fisika kimia air pada areal budidaya ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *Budidaya Perairan*. **1**(2): 8-19.
- Tatangindatu, F., O. Kalesaran dan R. Rompas. 2013. Studi parameter fisika kimia air pada areal budidaya ikan di danau tondano, desa paleloan, kabupaten minahasa. *Budidaya Perairan*. **1**(2): 8-19.
- Taufik, I., E. Setiadi dan Sutrisno. 2015. Panen Ikan, Sayur, dan Buah dengan Teknik Yumina Bumina. Penebar Swadaya. Jakarta. hlm 18.
- Tuhuteru, S. 2018. Efektivitas hara makro dan mikro terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays L.*). *Jur. Agroekotek*. **10**(1): 65-73.
- Tyson, R. V., D. D. Treadwell dan E. H. Simonne. 2011. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. *HortTechnology*. **21**(1): 6-13.
- Tyson, R. V., E. H. Simonne, J. M. White dan E. M. Lamb. 2004. Reconciling water quality parameters impacting nitrification in aquaponics: the pH levels. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* **117**:79-83.
- Utami, D. T., S. B. Prayitno, S. Hastuti dan A. Santika. 2013. Gambaran parameter hematologis pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberi vaksin DNA *Streptococcus iniae* dengan dosis yang berbeda. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. **2**(4): 7-20.
- Utami, I. A. Y. S., A. A. A. Ciptojoyo dan N. N. Wiadnyana. 2017. Histopatologi insang ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) yang terinfestasi trematoda monogenea. *Media Akuakultur*. **12**(1): 35-43.
- Utami, T., S., B., Z. Hasan, M. L. Syamsuddin dan H. Hamdani. 2019. Fitoremediasi limbah budidaya ikan koi (*Cyprinus carpio*) dengan beberapa

tanaman sayuran dalam sistem resirkulasi akuaponik. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **10(2)**: 81-88.

Wahyuningsih, A., S. Fajriani dan N. Aini. 2016. Komposisi nutrisi dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*) sistem hidroponik. *Jurnal Produksi Tanaman*. **4(8)**: 595-601.

Wahyuningsih, S. dan A. M. Gitarama. 2020. Amonia pada sistem budidaya ikan. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*. **5(2)**: 112-125.

Wahyuningsih, S., H. Effendi dan Y. Wardiatno. 2015. Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. *AAEL Bioflux*. **8(4)**: 491-499.

Wantasen, W. 2015. Residu pupuk nitrogen di lingkungan perairan hulu daerah aliran sungai tondano provinsi sulawesi utara. *Jurnal Bumi Lestari*. **15(2)**: 176-183.

Wedemeyer, G. A. 1996. *Physiology of Fish Intensive Culture System*. International Thompson Publishing. Chapman and Hall. New York. 232 hlm.

Widanarni, S. G. Pranoto dan Sukenda. 2010. Seleksi bakteri nitrifikasi dan denitrifikasi serta aplikasinya pada media budidaya udang vaname (*Litopenaeus vannamei*). *Jurnal Akuakultur Indonesia*. **9(2)**: 184-195.

Widyatmoko, H. Effendi dan N. T. M. Pratiwi. 2019. Pertumbuhan dan sintasan ikan nila, *Oreochromis niloticus* (linnaeus, 1758) pada sistem akuaponik dengan padat tanaman vetiver (*Vetiveria zizanioides L. Nash*) yang berbeda. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. **19(1)**: 157-166.

Wijaya, O., B. S. Rahardja dan Prayogo. 2014. Pengaruh padat tebar ikan lele terhadap laju pertumbuhan dan *survival rate* pada sistem akuaponik. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. **6(1)**: 55-58.

Wikiandy, N., Rosidah dan T. Herawati. 2013. Dampak pencemaran limbah industri tekstil terhadap kerusakan struktur organ ikan yang hidup di daerah aliran sungai (DAS) citarum bagian hulu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **4(3)**: 215-225.

Yanto, H. dan H. Hasan. 2015. Pengaruh deterjen terhadap kerusakan jaringan insang, hati, dan tubuh serta pertumbuhan ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*). *Jurnal Ruaya*. **6(1)**: 6-15.

Yanto, H., H. Hasan dan Sunarto. 2015. Studi hematologi untuk diagnose penyakit ikan secara dini di sentra produksi budidaya ikan air tawar sungai kapuas kota pontianak. *Jurnal Akuatika*. **6(1)**: 11-20.

Yanuhar, U. 2019. Budi Daya Ikan Laut "Si Cantik Kerapu". UB Press. Malang. 115 hlm.

Yuliati, P., T. Kadarini, Rusmaedi dan S. Subandiyah. 2003. Pengaruh padat penebaran terhadap pertumbuhan dan sintasan dederan ikan nila gift (*Oreochromis niloticus*) di kolam. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. **3(2)**: 63-66.

Zhou, Y., H. Yang, H. Hu, Y. Liu, Y. Mao, H. Zhou, X. Xu dan F. Zhang 2006. Bioremediation potential of the macroalga *Gracilaria lemaneiformis* (Rhodophyta) integrated into fed fish culture in coastal waters of north China. *Aquaculture*. **252**: 264-276.

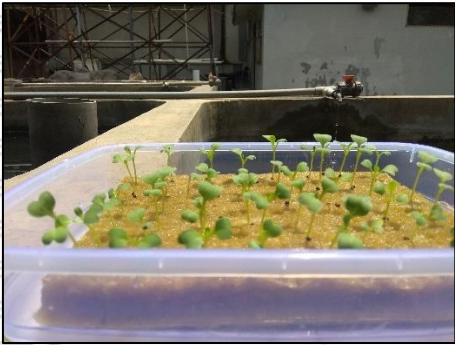



Zidni, I., Iskandar, A. Rizal, Y. Andriani dan R. Ramadan. 2019. Efektivitas sistem akuaponik dengan jenis tanaman yang berbeda terhadap kualitas air media budidaya ikan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. **9**(1): 81-94.





Zulkhasyni, Adriyeni dan R. Utami. 2017. Pengaruh dosis pakan pelet yang berbeda terhadap pertumbuhan ikan nila merah (*Oreochromis sp*). *JURNAL AGROQUA*. **15**(2): 35-42.





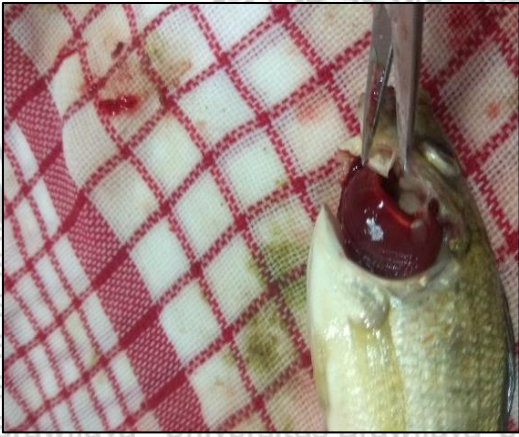
LAMPIRAN

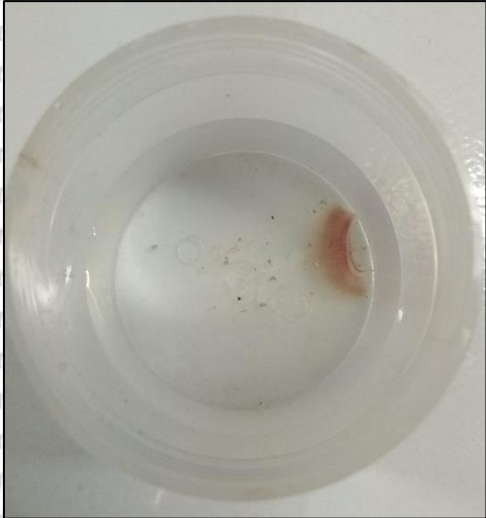

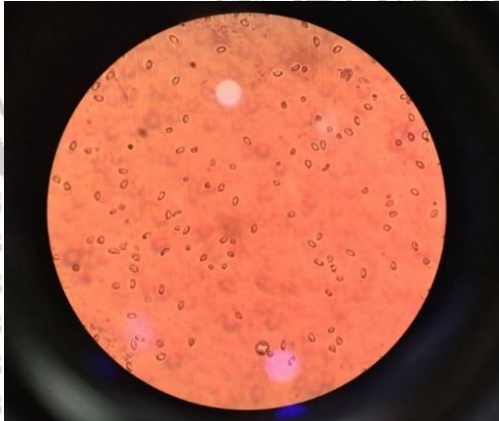
Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian




No.	Foto Dokumentasi	Keterangan
1.		Penyemaian Tanaman
2.		Baki Tanaman
3.		Pompa Air
4.		Bibit Kangkung

No.	Foto Dokumentasi	Keterangan
5.		Bibit Pakcoy
6.		Aklimatisasi Ikan di Kolam
7.		Desain Akuaponik
8.		Hewan Uji

No.	Foto Dokumentasi	Keterangan
9.		Penimbangan Pakan
10.		Pengujian Suhu dan pH Air
11.		Pengujian DO Air

No.	Foto Dokumentasi	Keterangan
12.		<p>Alat-alat Pengujian Amonia, Nitrit, Nitrat dan Ortofosfat</p>
13.		<p>Bahan-bahan Pengujian Amonia, Nitrit, Nitrat dan Ortofosfat</p>
14.		<p>Pengambilan Insang Ikan</p>

No.	Foto Dokumentasi	Keterangan
15.		Fiksasi Insang
16.		Pengambilan Darah Ikan
17.		Pengujian Sel Darah

No.	Foto Dokumentasi	Keterangan
18.		Pengujian Hemoglobin
19.		Kangkung Akhir Penelitian
20.		Pakcoy Akhir Penelitian

Lampiran 2. Data Suhu Selama Penelitian

1. Suhu (°C) Pagi

Hari ke-	Perlakuan								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	K1	K2	K3
0	24,4	24,3	24,8	24,1	24,8	24,7	24,8	24,0	24,7
1	24,4	24,3	24,8	24,8	24,5	24,1	24,4	24,1	24,7
2	24,7	24,7	24,9	24,3	24,8	24,8	24,5	24,3	24,7
3	24,6	24,2	24,4	24,9	24,7	24,8	24,6	24,8	24,7
4	24,9	24,2	24,6	24,5	24,1	24,8	24,6	24,7	24,7
5	24,9	24,2	24,3	24,4	24,1	24,3	24,8	24,1	24,2
6	24,2	24,2	24,3	24,4	24,9	24,9	24,3	24,1	24,3
7	24,9	24,9	24,5	24,1	24,1	24,2	24,6	24,3	24,1
8	24,8	24,8	24,8	24,9	24,1	24,2	24,9	24,7	24,4
9	24,1	24,9	24,3	24,9	24,5	24,2	24,5	24,2	24,7
10	24,2	24,7	24,6	24,4	24,6	24,5	24,2	24,7	24,3
11	24,4	24,3	24,9	24,4	24,2	24,4	24,1	24,4	24,2
12	24,0	24,3	24,3	24,9	24,7	24,2	24,5	24,0	24,6
13	24,5	24,6	24,7	24,7	24,1	24,5	24,8	24,6	24,4
14	24,6	24,4	24,2	24,8	24,1	24,1	24,5	24,2	24,8
15	24,9	24,4	24,9	24,6	24,0	24,1	24,1	24,8	24,5
16	24,3	24,0	24,2	24,7	24,7	24,4	24,3	24,9	24,4
17	24,9	24,1	24,2	24,0	24,3	24,4	24,1	24,4	24,8
18	24,8	24,1	24,7	24,2	24,2	24,2	24,0	24,2	24,5
19	24,0	24,5	24,2	24,9	24,0	24,1	24,1	24,6	24,7
20	24,4	24,7	24,4	24,8	24,4	24,9	24,2	24,8	24,1
21	24,6	24,0	24,4	24,6	24,2	24,3	24,8	24,1	24,9
22	24,9	24,7	24,4	24,8	24,1	24,9	24,3	24,4	24,9
23	24,9	24,7	24,1	24,4	24,6	24,8	24,2	24,7	24,9
24	24,7	24,0	24,2	24,9	24,9	24,5	24,5	24,5	24,8
25	24,9	24,6	24,8	24,7	24,0	24,5	24,1	24,0	24,5
26	24,4	24,5	24,9	24,1	24,1	24,1	24,4	24,5	24,5
27	24,1	24,6	24,6	24,9	24,3	24,3	24,2	24,5	24,2
28	24,0	24,1	24,6	24,4	24,3	24,1	24,0	24,3	24,5
29	24,5	24,3	24,1	24,8	24,3	24,4	24,0	24,5	24,1
30	24,4	24,3	24,3	24,2	24,4	24,4	24,8	24,8	24,5
31	24,0	24,5	24,3	24,3	24,6	24,6	24,4	24,8	24,3
32	24,5	24,9	24,9	24,3	24,6	24,5	24,2	24,3	24,2
33	24,7	24,4	24,5	24,7	24,1	24,1	24,9	24,7	24,9
34	24,9	24,2	24,6	24,3	24,1	24,1	24,4	24,8	24,1
35	24,1	24,5	24,0	24,3	24,9	24,2	24,9	24,1	24,5



Lampiran 2. (Lanjutan)

2. Suhu (°C) Siang

Hari ke-	Perlakuan								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	K1	K2	K3
0	26,5	26,6	26,0	26,3	26,1	26,4	26,8	26,3	26,5
1	26,4	26,4	26,1	26,4	26,8	26,5	26,8	26,1	26,4
2	26,1	26,6	26,7	26,7	26,4	26,9	26,3	26,9	26,3
3	26,6	26,7	26,2	26,7	26,0	26,1	26,3	26,3	26,4
4	26,1	26,5	26,1	26,8	26,9	26,7	26,9	26,4	26,1
5	26,3	26,3	26,2	26,9	26,3	26,1	26,6	26,4	26,3
6	26,3	26,0	26,9	26,5	26,0	26,1	26,4	26,3	26,8
7	26,7	26,9	26,7	26,1	26,2	26,4	26,9	26,4	26,0
8	26,4	26,8	26,2	26,9	26,9	26,4	26,2	26,7	26,8
9	26,8	26,9	26,4	26,1	26,8	26,4	26,7	26,1	26,7
10	26,5	26,3	26,2	26,7	26,6	26,7	26,0	26,9	26,7
11	26,9	26,2	26,1	26,7	26,2	26,7	26,9	26,8	26,3
12	26,0	26,9	26,0	26,9	26,7	26,7	26,3	26,8	26,4
13	26,1	26,4	26,8	26,4	26,9	26,8	26,5	26,3	26,2
14	26,4	26,3	26,2	26,8	26,2	26,9	26,4	26,5	26,4
15	26,1	26,1	26,1	26,3	26,6	26,6	26,0	26,4	26,1
16	26,7	26,6	26,0	26,3	26,1	26,5	26,3	26,3	26,5
17	26,0	26,2	26,0	26,6	26,1	26,1	26,9	26,3	26,7
18	26,3	26,5	26,0	26,0	26,8	26,6	26,5	26,5	26,1
19	26,7	26,1	26,4	26,3	26,7	26,7	26,7	26,3	26,9
20	26,0	26,2	26,2	26,1	26,8	26,5	26,1	26,2	26,7
21	26,6	26,3	26,6	26,3	26,9	26,9	26,6	26,8	26,2
22	26,7	26,4	26,4	26,0	26,4	26,8	26,6	26,0	26,6
23	26,1	26,0	26,3	26,8	26,7	26,0	26,2	26,9	26,4
24	26,1	26,1	26,2	26,5	26,3	26,0	26,3	26,9	26,7
25	26,2	26,4	26,7	26,7	26,5	26,7	26,5	26,1	26,2
26	26,1	26,3	26,8	26,5	26,6	26,9	26,4	26,3	26,6
27	26,1	26,1	26,8	26,0	26,7	26,9	26,5	26,1	26,1
28	26,2	26,5	26,1	26,2	26,1	26,8	26,4	26,2	26,8
29	26,5	26,3	26,8	26,6	26,8	26,7	26,4	26,3	26,5
30	26,6	26,9	26,3	26,1	26,8	26,9	26,6	26,5	26,3
31	26,1	26,1	26,6	26,9	26,3	26,5	26,1	26,2	26,8
32	26,7	26,5	26,9	26,2	26,6	26,2	26,6	26,7	26,2
33	26,4	26,7	26,2	26,0	26,4	26,1	26,7	26,9	26,5
34	26,1	26,4	26,2	26,2	26,2	26,3	26,6	26,9	26,2
35	26,3	26,5	26,9	26,2	26,2	26,9	26,2	26,4	26,7



Lampiran 3. Analisa Data Suhu

Jumlah Rata-rata Suhu (°C).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	25,4	25,4	25,4	76,28	25,43	0,01
B	25,5	25,4	25,5	76,39	25,46	0,03
K	25,4	25,4	25,5	76,37	25,46	0,02
Total				229,05		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{229,05^2}{9} = 5829,11$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (25,4^2 + 25,4^2 + 25,4^2 + \dots + 25,5^2) - 5829,11 = 0,0047$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{76,28^2 + 76,39^2 + 76,37^2}{3} - 5829,11 = 0,0023$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,0047 - 0,0023 = 0,0025$$

Sidik Ragam Suhu.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,0023	0,0011	2,7606 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,0025	0,0004			
Total	8					

Keterangan: ns = tidak berbeda nyata



Lampiran 3. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap suhu menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar, 2,7606 dimana nilai F hitung < F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap suhu.



Lampiran 4. Data pH Selama Penelitian

1. pH Pagi

Hari ke-	Perlakuan								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	K1	K2	K3
0	8,47	8,27	8,28	8,31	8,19	8,26	8,23	8,18	8,43
1	8,13	8,14	8,30	7,94	8,49	8,22	8,15	8,07	8,13
2	7,79	7,99	7,72	7,87	7,85	8,19	7,91	7,87	8,16
3	8,24	8,02	7,76	8,00	7,91	7,83	7,84	7,92	8,22
4	8,17	8,10	7,97	7,73	8,24	7,82	7,93	8,12	7,75
5	7,99	8,12	7,79	8,10	7,69	8,14	7,74	7,82	7,82
6	8,22	7,69	7,93	8,39	7,88	7,79	7,90	7,85	7,81
7	8,27	8,10	7,93	7,92	8,08	7,74	7,86	7,72	7,85
8	7,96	7,93	7,71	7,87	7,99	7,75	7,99	7,69	7,79
9	8,28	7,98	8,16	7,77	7,82	7,91	7,77	7,75	7,94
10	8,13	8,20	7,78	8,34	7,81	7,95	8,08	7,83	7,99
11	8,37	7,89	7,71	8,26	7,85	7,86	7,78	7,87	7,85
12	7,92	8,06	7,74	8,17	7,80	7,86	7,85	7,96	7,80
13	7,80	8,53	7,92	7,76	8,23	8,02	7,71	7,73	7,78
14	7,87	7,83	8,53	8,32	7,93	8,24	7,99	7,77	7,75
15	8,03	8,42	7,72	7,84	7,87	7,82	7,79	7,95	7,84
16	7,89	7,94	7,73	8,15	7,93	8,01	7,76	7,81	7,72
17	8,33	8,31	7,93	8,13	7,97	7,95	7,81	7,68	8,11
18	8,06	8,29	8,26	7,62	8,22	7,68	7,78	7,87	7,76
19	7,96	7,86	7,65	7,86	7,60	7,74	7,69	7,78	7,74
20	7,93	7,85	8,29	7,78	7,71	8,04	7,71	7,72	7,62
21	7,87	8,12	8,15	7,65	7,75	7,82	7,79	7,71	7,89
22	8,20	7,86	8,17	7,92	7,74	7,65	7,68	7,73	7,67
23	7,85	7,95	7,81	8,12	8,27	7,94	7,89	7,74	7,74
24	7,98	8,25	8,11	8,30	7,90	8,20	7,72	7,75	7,72
25	8,24	7,73	7,73	8,20	8,21	7,68	7,68	7,66	7,71
26	8,24	7,99	7,74	8,11	8,06	7,91	7,62	7,77	7,68
27	7,99	7,96	8,04	7,72	7,68	7,74	7,83	7,79	7,64
28	8,12	8,29	8,01	7,71	8,00	8,20	7,66	7,63	7,73
29	7,88	7,89	8,36	7,73	7,66	7,75	7,67	7,77	7,64
30	7,79	8,34	7,88	7,86	7,91	7,81	7,81	7,69	7,58
31	7,84	7,90	7,85	7,64	7,78	8,08	7,56	7,72	7,72
32	7,87	8,15	8,29	7,78	7,69	7,92	7,70	7,90	7,58
33	7,88	7,74	7,96	7,66	7,89	7,62	7,68	7,67	7,47
34	7,70	7,92	7,95	7,63	7,65	7,86	7,53	7,77	7,85
35	7,93	8,20	7,95	7,88	7,72	7,63	7,69	7,73	7,73



Lampiran 4. (Lanjutan)

2. pH Siang

Hari ke-	Perlakuan								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	K1	K2	K3
0	7,89	8,10	8,01	8,32	7,96	7,88	8,02	7,96	8,04
1	8,21	7,86	7,93	7,88	7,81	7,95	7,92	7,89	7,84
2	7,93	7,97	7,96	7,89	7,94	7,82	7,86	7,93	7,82
3	7,86	7,85	7,92	7,82	7,98	7,87	7,83	7,94	7,82
4	7,96	7,90	7,95	7,92	7,87	8,00	7,81	7,73	7,75
5	7,80	7,87	7,91	8,13	7,92	7,91	7,82	7,79	7,75
6	7,85	7,92	7,94	7,90	7,96	7,89	7,87	7,72	7,79
7	7,99	7,93	8,25	7,79	7,86	7,75	7,77	7,69	7,73
8	7,84	8,16	7,86	7,87	7,86	7,88	7,87	7,73	7,81
9	7,95	7,80	7,95	8,11	7,89	8,00	7,93	7,89	7,86
10	7,98	7,95	7,84	7,72	7,76	7,98	7,94	7,71	7,85
11	8,09	7,82	8,03	7,89	7,92	7,72	7,74	7,68	7,76
12	7,87	7,86	7,97	7,79	7,94	7,90	7,73	7,74	7,72
13	7,77	7,97	7,86	7,98	7,88	7,72	7,88	7,71	7,69
14	7,81	7,96	7,86	7,83	7,73	7,94	7,73	7,74	7,75
15	7,78	7,83	7,78	7,88	7,87	7,87	7,74	7,68	7,66
16	7,84	7,81	7,91	7,73	7,97	7,81	7,83	7,74	7,86
17	7,81	7,84	7,89	7,76	7,86	7,82	7,83	7,73	7,78
18	7,76	7,93	7,74	7,86	7,72	7,85	7,65	7,51	7,54
19	7,85	7,97	7,93	7,75	7,78	7,85	7,27	7,70	7,64
20	7,76	7,74	7,81	7,68	7,81	7,74	7,46	7,45	7,22
21	7,82	7,82	7,78	7,83	7,75	7,75	7,56	7,59	7,58
22	7,79	7,67	7,82	7,82	7,87	7,85	7,74	7,75	7,80
23	7,79	7,92	7,84	7,63	7,83	7,74	7,63	7,71	7,51
24	7,86	7,87	7,99	8,00	7,73	7,65	7,74	7,55	7,44
25	7,76	7,61	7,79	7,65	7,71	7,85	7,47	7,56	7,49
26	7,83	7,94	7,63	7,58	7,85	7,71	7,64	7,51	7,43
27	7,75	7,83	7,84	7,14	7,64	7,69	7,48	7,72	7,63
28	7,71	7,82	7,65	7,67	7,58	7,73	7,52	7,63	7,58
29	7,69	7,71	7,68	7,76	7,64	7,71	7,42	7,48	7,30
30	7,77	7,90	7,73	7,75	7,75	7,82	7,55	7,69	7,55
31	7,86	7,62	7,64	7,61	7,72	7,79	7,99	7,65	7,69
32	7,89	7,79	7,68	7,85	7,62	7,68	7,59	7,43	7,66
33	7,83	7,77	7,76	7,63	7,61	7,67	7,48	7,71	7,62
34	7,66	7,78	7,72	7,62	7,74	7,63	7,57	7,33	7,51
35	7,72	7,72	7,76	7,65	7,68	7,79	7,38	7,43	7,74



Lampiran 5. Analisa Data pH

Jumlah Rata-rata pH.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	7,9	8,0	7,9	23,80	7,93	0,02
B	7,9	7,9	7,9	23,59	7,86	0,01
K	7,8	7,7	7,7	23,23	7,74	0,01
Total				70,62		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{70,62^2}{9} = 554,20$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (7,9^2 + 8,0^2 + 7,9^2 + \dots + 7,7^2) - 554,20 = 0,06$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{23,80^2 + 23,59^2 + 23,23^2}{3} - 554,20 = 0,05$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,06 - 0,05 = 0,001$$

Sidik Ragam pH.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,05	0,03	140,9541**	5,14	10,92
Acak	6	0,001	0,00			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata



Lampiran 5. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap pH menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 140,9541, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap pH dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pH.

	Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	7,74				a
B	7,86	0,12 **			b
K	7,93	0,19 **	0,07 **		c

Keterangan: ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT pH, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terkecil sampai terbesar yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).

Lampiran 6. Data DO Selama Penelitian

1. DO (mg/l) Pagi

Hari ke-	Perlakuan								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	K1	K2	K3
0	6,37	6,38	6,21	6,10	6,48	6,19	6,49	6,37	6,23
1	5,84	5,55	5,10	5,18	4,94	5,80	5,69	5,28	5,78
2	5,37	5,57	5,10	4,96	5,40	5,67	5,75	5,74	5,29
3	5,12	5,01	5,72	4,97	5,66	5,14	5,37	5,38	5,14
4	5,54	5,91	5,46	5,27	5,19	5,51	5,85	5,39	5,57
5	5,33	5,85	5,18	5,46	5,81	5,55	5,76	5,57	5,74
6	5,24	5,24	5,34	5,26	5,27	5,44	5,79	5,45	5,42
7	5,87	5,81	5,63	5,31	5,27	5,73	5,57	5,63	5,84
8	5,54	5,57	5,81	4,89	5,67	5,88	5,47	5,14	5,66
9	5,40	5,81	5,89	4,61	5,37	5,81	5,92	5,11	5,44
10	5,77	5,64	5,86	5,40	5,17	5,21	5,85	5,34	5,66
11	5,52	5,70	5,60	5,04	5,33	5,69	4,38	4,94	4,48
12	5,73	5,66	5,62	4,82	5,71	5,74	4,89	4,72	4,74
13	5,72	5,59	5,70	4,78	5,63	5,28	4,42	4,93	4,68
14	5,54	5,59	5,54	4,97	5,59	5,57	5,12	4,63	4,48
15	5,71	5,80	5,74	4,73	5,67	5,10	4,52	4,91	4,89
16	5,49	5,78	5,67	5,17	5,65	5,42	5,18	5,07	4,54
17	5,70	5,65	5,65	5,10	5,08	5,61	4,87	4,81	5,00
18	5,51	5,85	5,38	5,15	5,66	5,08	5,14	4,93	4,47
19	5,40	5,84	5,79	5,17	5,69	5,53	5,01	4,87	5,06
20	5,83	5,79	5,58	4,63	5,27	5,21	4,74	4,74	5,03
21	5,85	5,48	5,88	4,92	5,48	5,57	4,32	4,77	4,48
22	5,38	5,52	5,52	4,65	5,00	5,43	4,46	4,38	4,52
23	5,59	5,66	5,88	4,78	5,88	5,79	4,94	4,14	4,71
24	5,52	5,68	5,52	4,98	5,83	5,32	5,17	4,66	4,69
25	5,70	5,39	5,61	5,31	5,50	5,43	4,74	4,49	4,56
26	5,83	5,59	5,16	5,00	5,49	5,78	4,45	4,78	4,86
27	5,76	5,88	5,52	4,89	5,51	5,31	5,05	4,45	4,36
28	5,58	5,22	5,27	5,20	5,01	5,45	4,82	4,61	4,54
29	5,69	5,87	5,73	4,77	5,58	5,46	4,90	4,77	4,58
30	5,73	5,61	5,72	4,89	5,76	5,18	4,55	4,26	4,20
31	5,57	5,75	5,54	4,83	5,38	5,45	4,80	4,56	4,11
32	5,34	5,58	5,52	5,00	5,68	5,43	4,92	4,85	4,75
33	5,69	5,69	5,89	5,24	5,46	5,62	4,93	4,89	4,34
34	5,45	5,35	5,36	5,08	5,45	5,04	4,49	4,72	4,65
35	5,77	5,29	5,17	4,95	5,52	5,68	4,66	4,14	4,48



Lampiran 6. (Lanjutan)

2. DO (mg/l) Siang

Hari ke-	Perlakuan								
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	K1	K2	K3
0	5,41	5,98	5,02	4,81	5,67	5,05	5,09	5,76	5,71
1	5,81	5,23	5,26	5,38	5,82	5,21	5,58	5,13	5,32
2	5,59	5,58	5,34	5,39	5,76	5,18	5,87	5,07	5,55
3	5,24	5,46	5,18	4,86	5,67	5,09	5,15	5,92	5,37
4	5,18	5,93	5,78	4,87	5,89	5,36	5,43	5,24	5,56
5	5,13	5,47	5,23	4,81	5,28	4,95	5,73	5,21	5,54
6	5,51	5,58	5,37	4,92	5,75	5,09	5,72	5,67	5,48
7	5,08	5,50	5,05	5,09	5,63	5,27	5,34	5,38	5,64
8	5,98	5,43	5,97	4,77	5,15	5,64	5,55	5,87	5,97
9	5,67	5,36	5,60	4,72	5,09	5,79	5,10	5,72	5,38
10	5,73	5,27	5,16	5,51	5,18	5,11	5,28	5,45	5,90
11	5,87	5,82	5,65	5,24	5,84	5,56	4,95	5,03	4,37
12	5,51	5,59	5,59	5,27	5,47	5,62	5,20	5,11	5,23
13	5,26	5,33	5,73	4,79	5,43	5,52	5,18	4,97	4,45
14	5,82	5,21	5,12	5,37	5,49	5,08	4,79	4,58	4,88
15	5,86	5,55	5,46	5,55	5,42	5,47	4,80	5,12	5,01
16	5,78	5,06	5,34	5,45	5,03	5,45	4,37	4,81	5,05
17	5,29	5,38	5,80	5,23	5,73	5,43	5,19	4,77	4,90
18	5,31	5,79	5,29	4,93	5,48	4,96	4,64	4,37	4,98
19	5,16	5,72	5,08	4,81	5,51	5,50	4,61	4,44	4,48
20	5,76	5,54	5,33	4,96	5,69	5,31	5,03	5,00	5,13
21	5,38	5,14	5,58	5,49	5,07	5,80	4,20	4,48	4,16
22	5,93	5,99	5,49	4,80	5,11	5,61	4,56	4,54	4,61
23	5,13	5,05	5,87	5,34	5,24	5,30	4,31	4,81	4,81
24	5,74	5,23	5,33	4,73	5,38	5,22	4,26	4,18	4,25
25	5,65	5,20	5,39	5,25	5,09	5,37	4,41	4,78	4,57
26	5,23	5,85	5,72	4,92	4,95	5,63	4,13	4,61	4,84
27	5,87	5,67	5,13	5,33	5,65	5,15	4,27	4,26	4,74
28	5,32	5,07	5,48	5,03	5,58	5,29	4,54	4,27	4,65
29	5,94	5,70	5,35	4,88	4,91	5,10	4,12	4,13	4,34
30	5,13	5,72	5,37	5,11	5,69	5,55	4,36	4,45	4,37
31	5,90	5,10	5,62	4,79	5,64	4,94	4,41	4,19	4,77
32	5,33	5,16	5,56	5,14	5,47	5,56	4,35	4,18	4,90
33	5,98	5,22	5,61	4,98	5,29	5,54	4,73	4,85	4,02
34	5,03	5,77	5,43	4,89	5,06	5,21	4,03	4,14	4,77
35	5,77	5,18	5,13	4,87	4,93	5,19	4,75	4,13	4,40



Lampiran 7. Analisa Data DO

Jumlah Rata-rata DO (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	5,57	5,56	5,5	16,63	5,54	0,04
B	5,05	5,46	5,42	15,93	5,31	0,23
K	4,96	4,89	4,93	14,78	4,93	0,04
Total				47,34		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{47,34^2}{9} = 249,01$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (5,57^2 + 5,56^2 + 5,50^2 + \dots + 4,93^2) - 249,01 = 0,689$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{16,63^2 + 15,93^2 + 14,78^2}{3} - 249,01 = 0,582$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,689 - 0,582 = 0,108$$

Sidik Ragam DO.

Sumber	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Keragaman Perlakuan	2	0,582	0,291	16,23**	5,14	10,92
Acak	6	0,108	0,018			
Total	8					

Keterangan: ** = berbeda sangat nyata



Lampiran 7. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap DO menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 16,23, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap DO dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) DO.

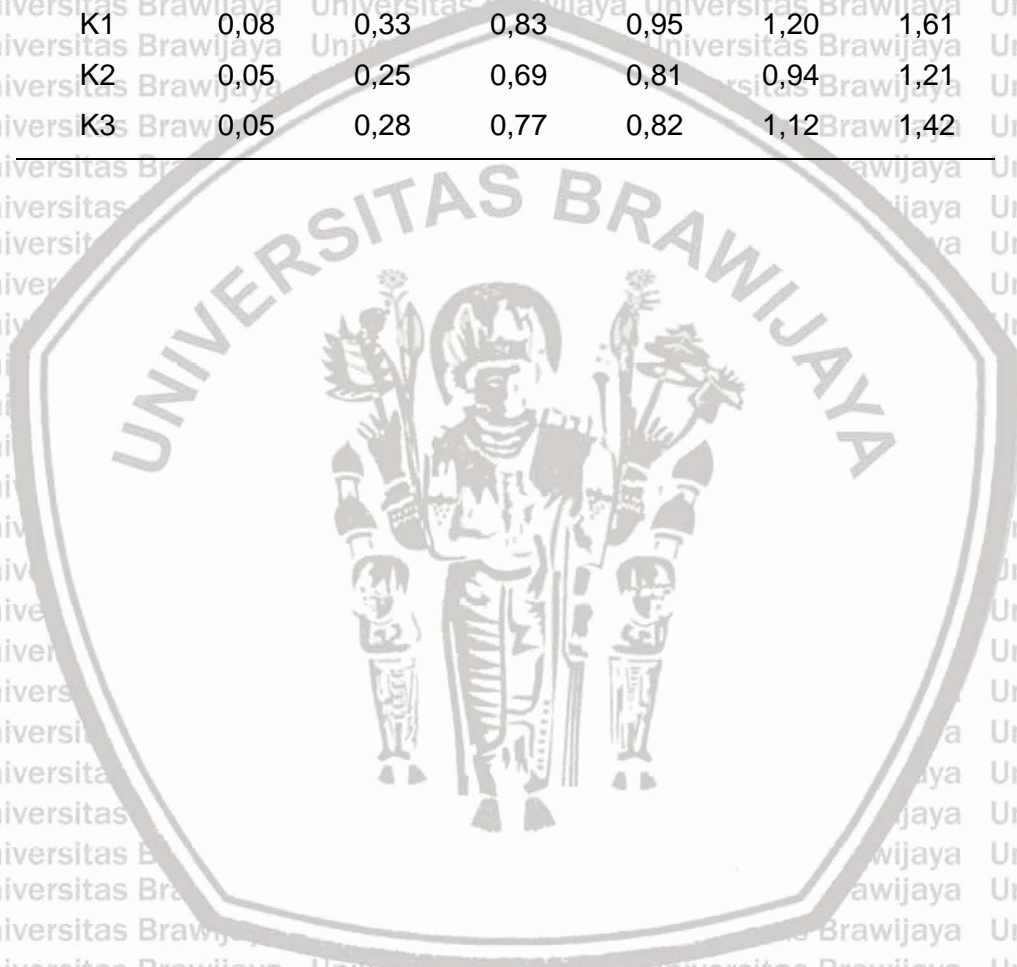
	Rata-rata Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	4,93				a
B	5,31	0,38*			b
A	5,54	0,61**	0,23 ^{ns}		bc

Keterangan: (ns) = tidak berbeda nyata
 (*) = berbeda nyata
 (**) = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT DO, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terkecil sampai terbesar yaitu perlakuan K (kontrol), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan A (kangkung).

Lampiran 8. Data Amonia (mg/l) Selama Penelitian

Perlakuan	Hari ke-					
	0	7	14	21	28	35
A1s	0,08	0,14	0,61	0,32	0,25	0,24
A2	0,05	0,12	0,51	0,34	0,14	0,20
A3	0,05	0,14	0,49	0,36	0,22	0,17
B1	0,08	0,16	0,61	0,48	0,38	0,32
B2	0,05	0,14	0,58	0,43	0,38	0,34
B3	0,05	0,18	0,54	0,55	0,28	0,23
K1	0,08	0,33	0,83	0,95	1,20	1,61
K2	0,05	0,25	0,69	0,81	0,94	1,21
K3	0,05	0,28	0,77	0,82	1,12	1,42



Lampiran 9. Analisa Data Amonia

Jumlah Rata-rata Amonia (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	0,273	0,227	0,240	0,74	0,25	0,02
B	0,338	0,319	0,307	0,96	0,32	0,02
K	0,831	0,658	0,743	2,23	0,74	0,09
Total				3,93		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{3,93^2}{9} = 1,72$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (0,273^2 + 0,227^2 + 0,240^2 + \dots + 0,743^2) - 1,72 = 0,45$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{0,74^2 + 0,96^2 + 2,23^2}{3} - 1,72 = 0,43$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,45 - 0,43 = 0,02$$

Sidik Ragam Amonia.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,43	0,22	78,0165**	5,14	10,92
Acak	6	0,02	0,00			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata



Lampiran 9. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap amonia menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 78,0165, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap amonia dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Amonia.

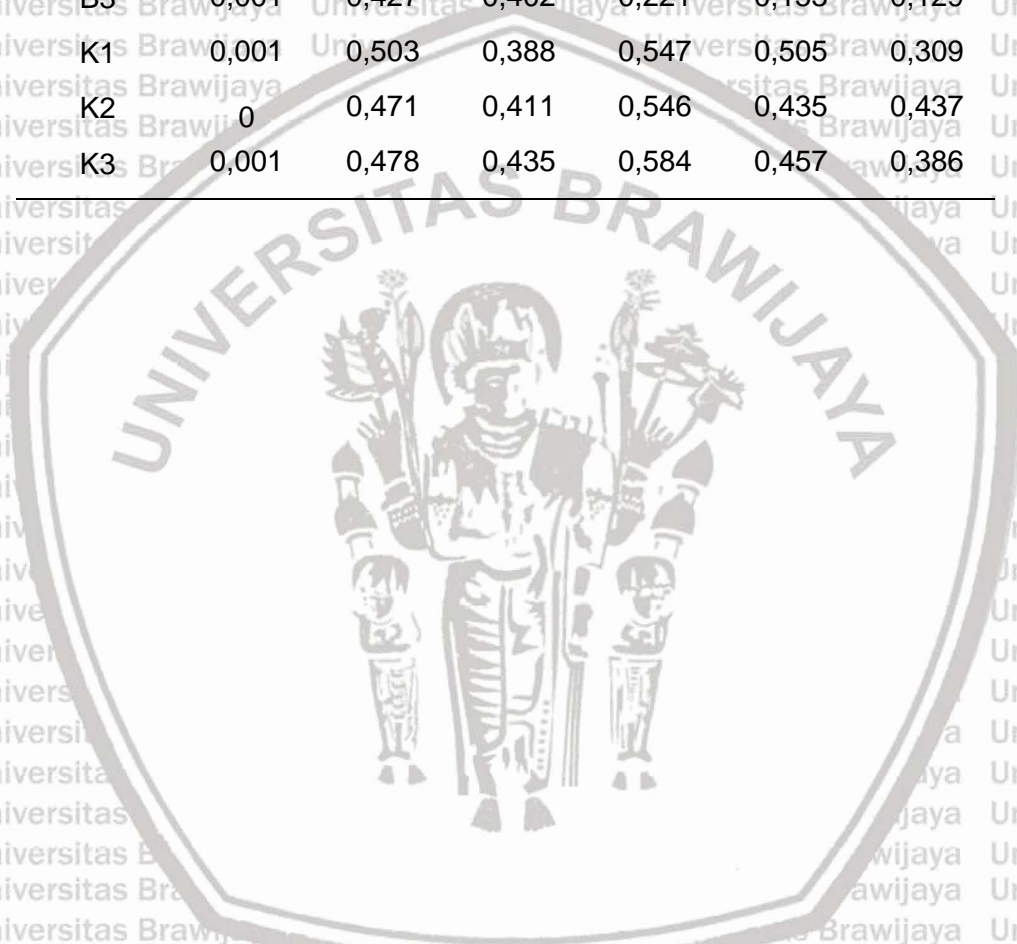
	Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	0,25				a
B	0,32	0,07 ^{ns}			ab
K	0,74	0,49 ^{**}	0,42 ^{**}		c

Keterangan: ns = tidak berbeda nyata
 ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT amonia, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terkecil sampai terbesar yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).

Lampiran 10. Data Nitrit (mg/l) Selama Penelitian

Perlakuan	Hari ke-					
	0	7	14	21	28	35
A1	0,001	0,330	0,259	0,099	0,191	0,135
A2	0	0,393	0,217	0,097	0,229	0,133
A3	0,001	0,316	0,223	0,134	0,218	0,147
B1	0,001	0,399	0,354	0,198	0,149	0,047
B2	0	0,451	0,369	0,202	0,193	0,141
B3	0,001	0,427	0,402	0,221	0,153	0,129
K1	0,001	0,503	0,388	0,547	0,505	0,309
K2	0	0,471	0,411	0,546	0,435	0,437
K3	0,001	0,478	0,435	0,584	0,457	0,386



Lampiran 11. Analisa Data Nitrit

Jumlah Rata-rata Nitrit (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	0,169	0,178	0,173	0,52	0,17	0,00
B	0,191	0,226	0,222	0,64	0,21	0,02
K	0,376	0,383	0,390	1,15	0,38	0,01
Total				2,31		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{2,31^2}{9} = 0,592$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (0,169^2 + 0,178^2 + 1,73^2 + \dots + 0,390^2) - 0,592 = 0,075$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{0,52^2 + 0,64^2 + 1,15^2}{3} - 0,592 = 0,074$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,075 - 0,074 = 0,001$$

Sidik Ragam Nitrit.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,074	0,037	256,0024**	5,14	10,92
Acak	6	0,001	0,000			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata



Lampiran 11. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap Nitrit menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 256,0024, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap Nitrit dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Nitrit.

Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	0,17			a
B	0,21	0,04**		b
K	0,38	0,21**	0,17**	c

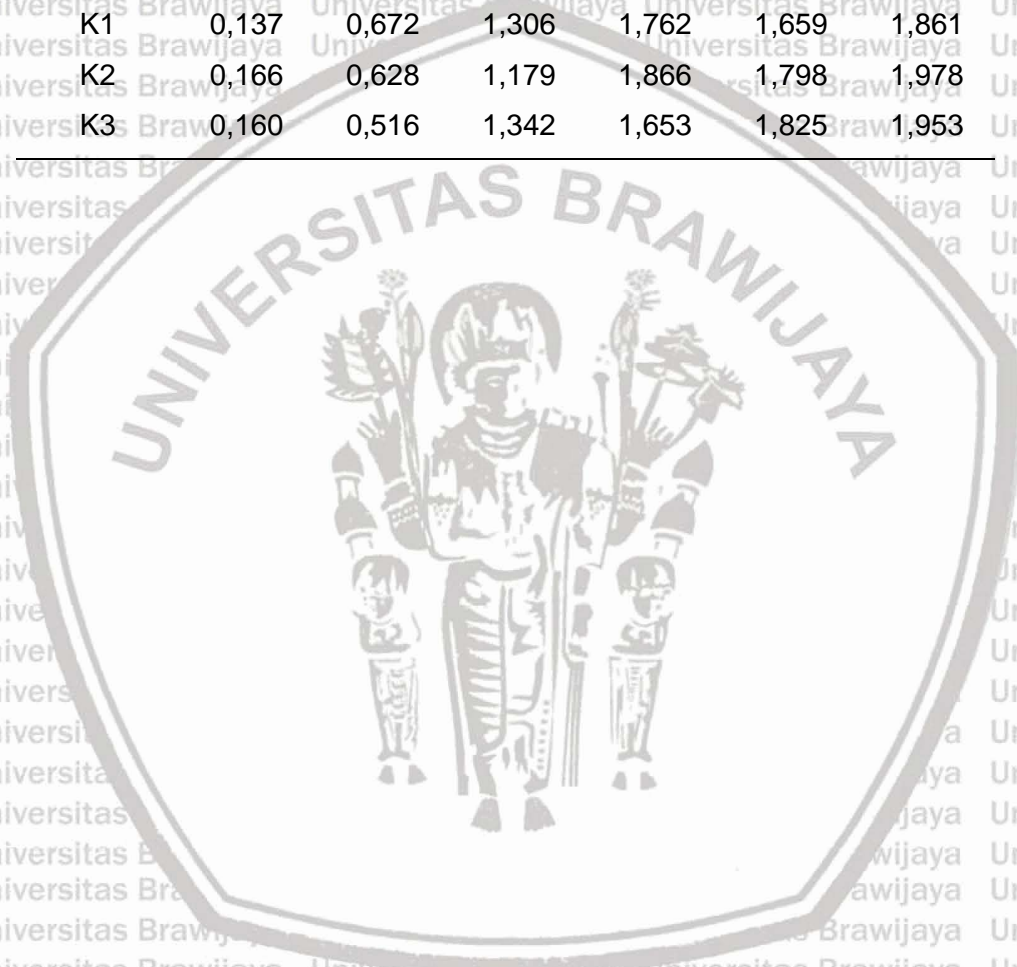
Keterangan: ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT Nitrit, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terkecil sampai terbesar yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).



Lampiran 12. Data Nitrat (mg/l) Selama Penelitian

Perlakuan	Hari ke-					
	0	7	14	21	28	35
A1s	0,137	0,603	1,823	1,261	1,214	1,335
A2	0,166	0,569	1,338	1,180	1,528	1,308
A3	0,160	0,782	1,531	1,274	1,420	1,412
B1	0,137	0,902	1,607	1,496	1,116	1,357
B2	0,166	0,742	1,726	1,301	1,263	1,227
B3	0,160	0,838	1,639	1,365	1,248	1,258
K1	0,137	0,672	1,306	1,762	1,659	1,861
K2	0,166	0,628	1,179	1,866	1,798	1,978
K3	0,160	0,516	1,342	1,653	1,825	1,953



Lampiran 13. Analisa Data Nitrat

Jumlah Rata-rata Nitrat (mg/l).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	1,062	1,015	1,097	3,17	1,06	0,04
B	1,103	1,071	1,085	3,26	1,09	0,02
K	1,233	1,269	1,242	3,74	1,25	0,02
Total				10,18		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{10,18^2}{9} = 11,50$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (1,062^2 + 1,015^2 + 1,097^2 + \dots + 1,242^2) - 11,50 = 0,068$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{3,17^2 + 3,26^2 + 3,74^2}{3} - 11,50 = 0,063$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,068 - 0,063 = 0,005$$

Sidik Ragam Nitrat.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,063	0,032	41,2564**	5,14	10,92
Acak	6	0,005	0,001			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata



Lampiran 13. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap nitrat menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 41,2564, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap nitrat dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Nitrat.

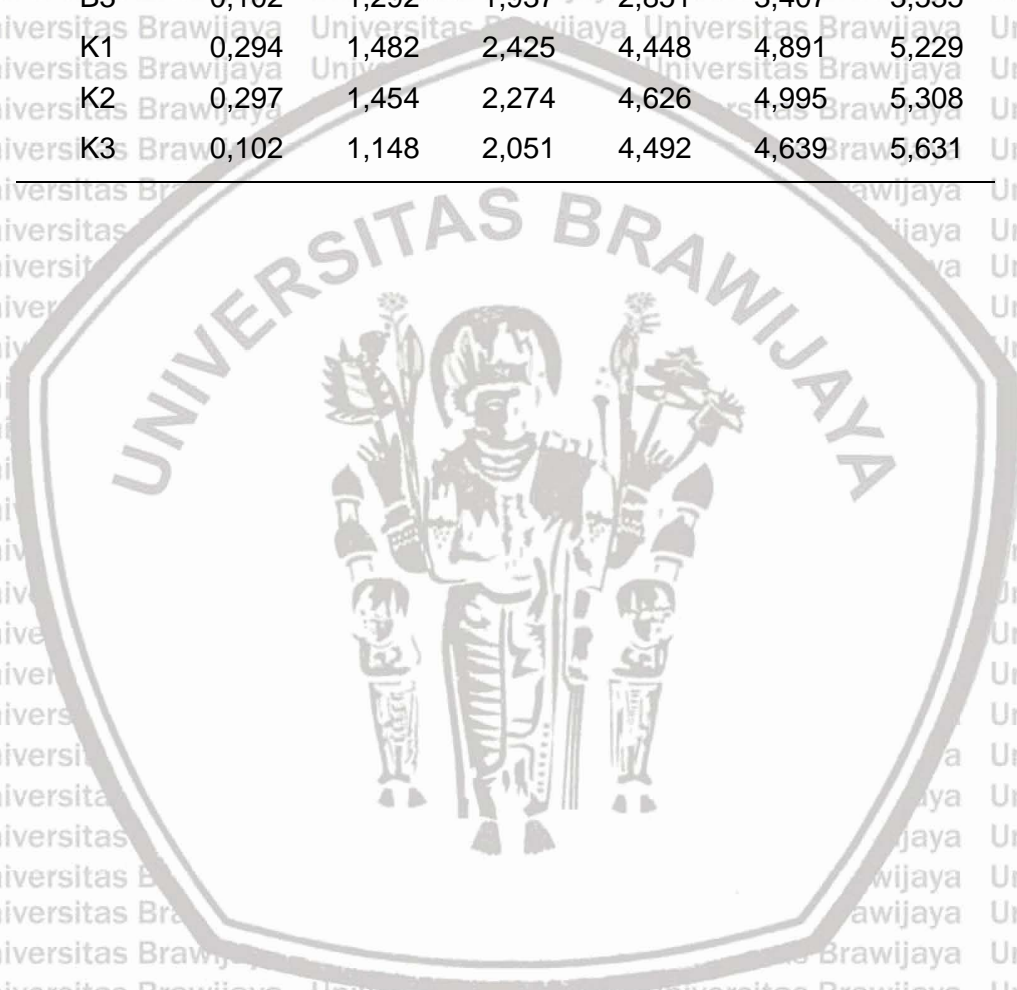
Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	1,06			a
B	1,09	0,03 ^{ns}		b
K	1,25	0,19 ^{**}	0,16 ^{**}	c

Keterangan: ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT nitrat, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terkecil sampai terbesar yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).

Lampiran 14. Data Ortofosfat (mg/l) Selama Penelitian

Perlakuan	Hari ke-	0	7	14	21	28	35
A1s		0,294	1,195	1,496	2,349	2,537	3,121
A2		0,297	1,109	1,402	2,027	2,733	3,087
A3		0,108	1,036	1,632	2,119	2,957	3,358
B1		0,294	1,202	1,794	2,812	3,524	3,836
B2		0,297	1,314	1,724	2,704	3,499	3,775
B3		0,102	1,292	1,937	2,851	3,407	3,535
K1		0,294	1,482	2,425	4,448	4,891	5,229
K2		0,297	1,454	2,274	4,626	4,995	5,308
K3		0,102	1,148	2,051	4,492	4,639	5,631



Lampiran 15. Analisa Data Ortofosfat

Jumlah Rata-rata Ortofosfat (mg/l):

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	1,832	1,776	1,868	5,48	1,83	0,05
B	2,244	2,219	2,187	6,65	2,22	0,03
K	3,128	3,159	3,011	9,30	3,10	0,08
Total				21,42		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{21,42^2}{9} = 51,00$$

$$JK_{total} = (A^2 + A^2 + A^2 + \dots + K^2) - FK = (1,832^2 + 1,776^2 + 1,868^2 + \dots + 3,011^2) - 51,00 = 2,57$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{5,48^2 + 6,65^2 + 9,30^2}{3} - 51,00 = 2,55$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 2,57 - 2,55 = 0,02$$

Sidik Ragam Ortofosfat.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	2,55	1,28	420,6295**	5,14	10,92
Acak	6	0,02	0,00			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata



Lampiran 15. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap ortofosfat menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 420,6295, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap ortofosfat dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Ortofosfat.

	Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	1,83				a
B	2,22	0,39**			b
K	3,10	1,27**	0,88**		c

Keterangan: ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT ortofosfat, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terkecil sampai terbesar yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).

Lampiran 16. Data RGR Tanaman Selama Penelitian

Perlakuan	Xo	LnXo	Xt	LnXt	RGR (g/hari)
A1	0,82	-0,20	17	2,83	0,087
A2	0,82	-0,20	17	2,83	0,087
A3	0,82	-0,20	17	2,83	0,087
B1	0,17	-1,77	11	2,40	0,119
B2	0,17	-1,77	11	2,40	0,119
B3	0,17	-1,77	11	2,40	0,119

Keterangan: Xo: berat awal
Xt: berat akhir



Lampiran 17. Data DT Tanaman (hari) Selama Penelitian

Perlakuan	RGR	DT (ln2/RGR) (hari)
A1	0,087	8,002
A2	0,087	8,002
A3	0,087	8,002
B1	0,119	5,818
B2	0,119	5,818
B3	0,119	5,818



Lampiran 18. Data PNR Tanaman Selama Penelitian

Ulangan	Persentase Reduksi (%)					
	Amonia		Nitrit		Nitrat	
	A	B	A	B	A	B
1	68,23	60,35	54,97	49,07	14,10	10,77
2	66,28	52,06	53,52	41,04	20,49	15,98
3	68,56	59,46	55,64	43,08	11,94	12,91
Total	203,07	171,87	164,14	133,19	46,53	39,66
Rata-rata	67,69	57,29	54,71	44,4	15,51	13,22
rata±SD	±1,23	±4,55	±1,08	±4,17	±4,44	±2,62



Lampiran 19. Analisa Data SR Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)

Jumlah Rata-rata SR Ikan Nila (%).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	96,67	86,67	93,33	276,67	92,22	5,09
B	93,33	96,67	100	290,00	96,67	3,34
K	90	83,33	86,67	260,00	86,67	3,34
Total				826,67		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{826,67^2}{9} = 75931,48$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (96,67^2 + 86,67^2 + 93,33^2 + \dots + 86,67^2) - 75931,48 = 246,95$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{276,67^2 + 290,00^2 + 260,00^2}{3} - 75931,48 = 150,62$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 246,95 - 150,62 = 96,33$$

Sidik Ragam SR Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	150,62	75,31	4,6909 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	96,33	16,05			
Total	8					

Keterangan: ns = tidak berbeda nyata



Lampiran 19. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap SR menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar, 4,6909 dimana nilai F hitung < F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap SR ikan nila.



Lampiran 20. Analisa Data SGR Ikan Nila (*Oreochromis* sp.)

Jumlah Rata-rata SGR Ikan Nila (% g/hari).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	1,90	1,58	1,77	5,25	1,75	0,16
B	1,63	1,53	1,79	4,95	1,65	0,13
K	1,51	1,28	1,58	4,37	1,46	0,16
Total				14,57		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{14,57^2}{9} = 23,59$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (1,90^2 + 1,58^2 + 1,77^2 + \dots + 1,58^2) - 23,59 = 0,27$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{5,25^2 + 4,95^2 + 4,37^2}{3} - 23,59 = 0,13$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,27 - 0,13 = 0,14$$

Sidik Ragam SGR Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,13	0,07	2,9547 ^{ns}	5,14	10,92
Acak	6	0,14	0,02			
Total	8					

Keterangan: ns = tidak berbeda nyata



Lampiran 20. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap SGR menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar, 2,9547 dimana nilai F hitung < F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap SGR ikan nila.



Lampiran 21. Analisa Data FCR Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)

Jumlah Rata-rata FCR Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	1,43	1,52	1,48	4,43	1,48	0,05
B	1,60	1,73	1,64	4,97	1,66	0,07
K	1,75	1,79	1,72	5,26	1,75	0,04
Total				14,66		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{14,66^2}{9} = 23,88$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (1,43^2 + 1,52^2 + 1,48^2 + \dots + 1,72^2) - 23,88 = 0,13$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{4,43^2 + 4,97^2 + 5,26^2}{3} - 23,88 = 0,12$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,13 - 0,12 = 0,02$$

Sidik Ragam FCR Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,12	0,06	23,0433**	5,14	10,92
Acak	6	0,02	0,00			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata



Lampiran 21. (Lanjutan)

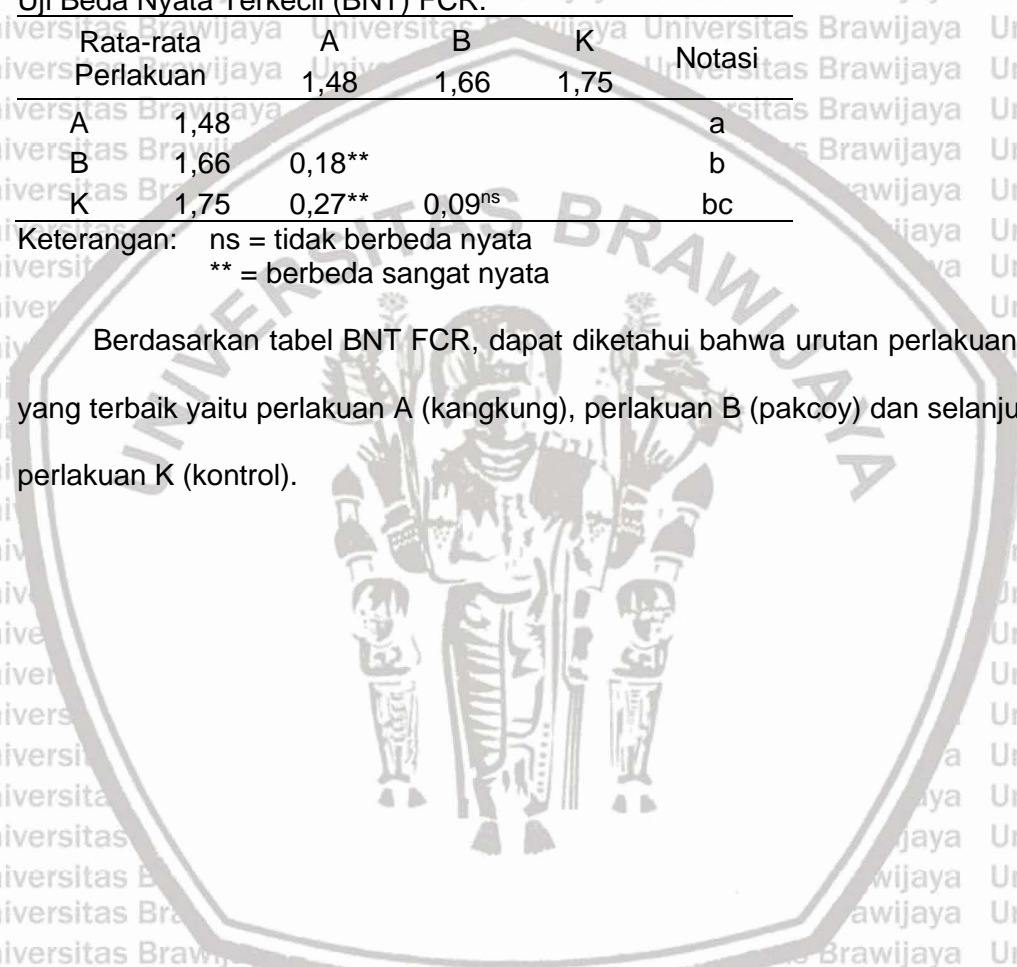
Hasil perhitungan terhadap FCR menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 23,0433, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap FCR ikan nila dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) FCR.

Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	1,48			a
B	1,66	0,18**		b
K	1,75	0,27**	0,09 ^{ns}	bc

Keterangan: ns = tidak berbeda nyata
 ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT FCR, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terbaik yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).



Lampiran 22. Analisa Data Eritrosit Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)

Rata-rata Eritrosit (sel/mm³ x 10⁴) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	199,00	188,50	187,50	575,00	191,67	199,00
B	176,50	183,00	173,00	532,50	177,50	176,50
K	169,50	157,50	167,50	494,50	164,83	169,50

Rata-rata Log Eritrosit (sel/mm³) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	2,30	2,28	2,27	6,85	2,28	0,01
B	2,25	2,26	2,24	6,75	2,25	0,01
K	2,23	2,20	2,22	6,65	2,22	0,02
Total				20,24		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{20,24^2}{9} = 45,54$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (2,30^2 + 2,28^2 + 2,27^2 + \dots + 2,22^2) - 45,54 = 0,01$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{6,85^2 + 6,75^2 + 6,65^2}{3} - 45,54 = 0,01$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,01 - 0,01 = 0,00$$



Lampiran 22. (Lanjutan)

Sidik Ragam Eritrosit Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,01	0,00	14,8671**	5,14	10,92
Acak	6	0,00	0,00			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata

Hasil perhitungan terhadap eritrosit menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 14,8671, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap eritrosit ikan nila dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Eritrosit.

Rata-rata Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	2,22			a
B	2,25	0,03*		b
A	2,28	0,07**	0,03*	c

Keterangan: * = berbeda nyata
 ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT eritrosit, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terbaik yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).



Lampiran 23. Analisa Data Leukosit Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)

Rata-rata Leukosit (sel/mm³) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	277425	276300	282925	836650	278883	277425
B	298750	290325	298575	887650	295883	298750
K	305375	332800	319675	957850	319283	305375

Rata-rata Log Leukosit (sel/mm³) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	5,44	5,44	5,45	16,34	5,45	0,01
B	5,48	5,46	5,48	16,41	5,47	0,01
K	5,48	5,52	5,50	16,51	5,50	0,02
Total				49,26		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{49,26^2}{9} = 269,63$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (5,44^2 + 5,44^2 + 5,45^2 + \dots + 5,50^2) - 269,63 = 0,01$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{16,34^2 + 16,41^2 + 16,51^2}{3} - 269,63 = 0,01$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,01 - 0,01 = 0,00$$



Lampiran 23. (Lanjutan)

Sidik Ragam Leukosit Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,01	0,00	18,0047**	5,14	10,92
Acak	6	0,00	0,00			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata

Hasil perhitungan terhadap leukosit menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 18,0047, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap leukosit ikan nila dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Leukosit.

Rata-rata Perlakuan	A	B	K	Notasi
A	5,45			a
B	5,47	0,026*		b
K	5,50	0,059**	0,033*	c

Keterangan: * = berbeda nyata
 ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT leukosit, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terbaik yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).



Lampiran 24. Analisa Data Hemoglobin Ikan Nila (*Oreochromis sp.*)

Rata-rata Hemoglobin (gr%) Ikan Nila.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	5,90	5,75	5,70	17,35	5,78	0,10
B	5,40	5,65	5,40	16,45	5,48	0,14
K	5,25	5,15	4,95	15,35	5,12	0,15
Total				49,15		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{49,15^2}{9} = 268,41$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (5,90^2 + 5,75^2 + 5,70^2 + \dots + 4,95^2) - 268,41 = 0,78$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{16,34^2 + 16,41^2 + 16,51^2}{3} - 268,41 = 0,67$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 0,78 - 0,67 = 0,11$$

Sidik Ragam Hemoglobin Ikan Nila.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	F Tabel 1 %
Perlakuan	2	0,49	0,24	6,7674*	5,14	10,92
Acak	6	0,21	0,04			
Total	8					

Keterangan: * = berpengaruh nyata



Lampiran 24. (Lanjutan)

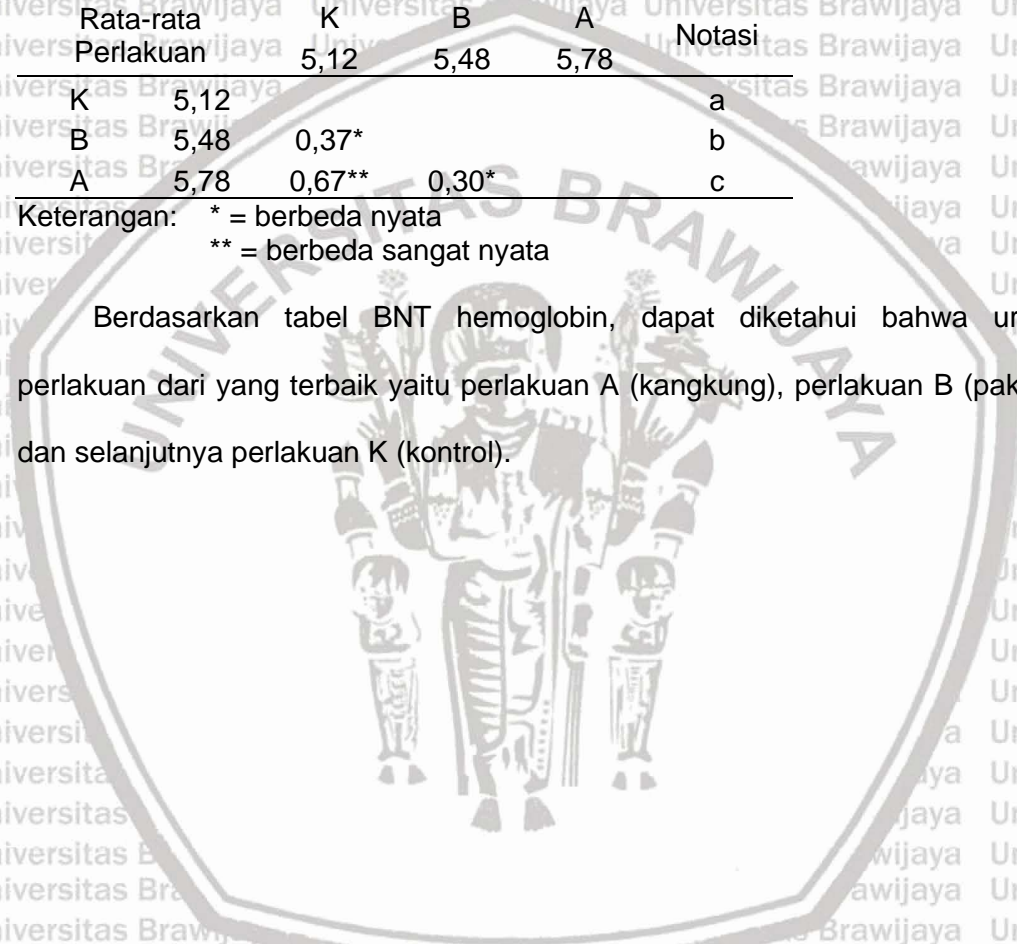
Hasil perhitungan terhadap hemoglobin menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 6,7674, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan < F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh nyata terhadap hemoglobin ikan nila dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Hemoglobin.

	Rata-rata Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	5,12				a
B	5,48	0,37*			b
A	5,78	0,67**	0,30*		c

Keterangan: * = berbeda nyata
 ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT hemoglobin, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terbaik yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).



Lampiran 25. Analisa Data Hematokrit Ikan Nila (*Oreochromis* sp.)

Rata-rata Hematokrit (%) Ikan Nila:

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	±SD
	1	2	3			
A	26,60	27,00	27,45	81,05	27,02	0,43
B	26,50	25,90	27,30	79,70	26,57	0,70
K	24,85	24,40	24,35	73,60	24,53	0,28
Total				234,35		

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{234,35^2}{9} = 6102,21$$

$$JK_{total} = (A1^2 + A2^2 + A3^2 + \dots + K3^2) - FK = (26,60^2 + 27,00^2 + 27,45^2 + \dots + 24,35^2) - 6102,21 = 12$$

$$JK_{Perlakuan} = \frac{(\Sigma A^2 + \Sigma B^2 + \Sigma C^2)}{3} - FK = \frac{81,05^2 + 79,70^2 + 73,60^2}{3} - 6102,21 = 10,50$$

$$JK_{Acak} = JK_{Total} - JK_{Perlakuan} = 12 - 10,50 = 1,5$$

Sidik Ragam Hematokrit Ikan Nila:

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel 5 %	Tabel 1 %
Perlakuan	2	10,50	5,25	21,0078**	5,14	10,92
Acak	6	1,50	0,25			
Total	8					

Keterangan: ** = berpengaruh sangat nyata



Lampiran 25. (Lanjutan)

Hasil perhitungan terhadap hematokrit menggunakan Uji F diperoleh nilai F hitung perlakuan sebesar 21,0078, dimana nilai F hitung > F tabel 5% dan F tabel 1%, sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan yang diberikan berpengaruh sangat nyata terhadap hematokrit ikan nila dan dapat dilanjutkan uji BNT untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan.

Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Hematokrit.

	Rata-rata Perlakuan	K	B	A	Notasi
K	24,53				a
B	26,57	2,03**			b
A	27,02	2,48**	0,45 ^{ns}		bc

Keterangan: ns = tidak berbeda nyata
 * = berbeda nyata
 ** = berbeda sangat nyata

Berdasarkan tabel BNT hematokrit, dapat diketahui bahwa urutan perlakuan dari yang terbaik yaitu perlakuan A (kangkung), perlakuan B (pakcoy) dan selanjutnya perlakuan K (kontrol).



Lampiran 26. Analisa Data Persentase Kerusakan Histopatologi Insang Ikan Nila

% Kerusakan Jaringan Insang Berupa Fusi

Tipe Kerusakan	Perlakuan	Ulangan	Area Lapang Pandang (LP)					Rerata Ulangan	Rerata Perlakuan	% Kerusakan
			LP 1	LP 2	LP 3	LP 4	LP 5			
A		1	133	130	118	139	118	127,60	125,07	41,69
		2	122	126	108	110	142	121,60		
		3	114	139	121	134	122	126,00		
Fusi	B	1	87	75	69	84	58	74,60	67,00	22,33
		2	56	56	83	62	56	62,60		
		3	40	84	88	37	70	63,80		
K		1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
		2	0	0	0	0	0	0,00		
		3	0	0	0	0	0	0,00		

% Kerusakan Jaringan Insang Berupa Vakuola

Tipe Kerusakan	Perlakuan	Ulangan	Area Lapang Pandang (LP)					Rerata Ulangan	Rerata Perlakuan	% Kerusakan
			LP 1	LP 2	LP 3	LP 4	LP 5			
A		1	27	15	27	12	15	19,20	17,00	5,67
		2	10	12	13	10	16	12,20		
		3	18	22	14	23	21	19,60		
Vakuola	B	1	30	25	31	31	23	28,00	28,93	9,64
		2	32	27	31	26	33	29,80		
		3	28	29	33	25	30	29,00		
K		1	33	40	49	40	43	41,00	40,27	13,42
		2	50	34	48	31	32	39,00		
		3	36	41	41	46	40	40,80		

% Kerusakan Jaringan Insang Berupa Hemoragi

Tipe Kerusakan	Perlakuan	Ulangan	Area Lapang Pandang (LP)					Rerata Ulangan	Rerata Perlakuan	% Kerusakan
			LP 1	LP 2	LP 3	LP 4	LP 5			
A		1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
		2	0	0	0	0	0	0,00		
		3	0	0	0	0	0	0,00		
Hemoragi	B	1	48	54	54	72	71	59,80	59,00	19,67
		2	53	58	73	54	71	61,80		
		3	55	58	47	50	67	55,40		
K		1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
		2	0	0	0	0	0	0,00		
		3	0	0	0	0	0	0,00		

% Kerusakan Jaringan Insang Berupa Nekrosis

Tipe Kerusakan	Perlakuan	Ulangan	Area Lapang Pandang (LP)					Rerata Ulangan	Rerata Perlakuan	% Kerusakan
			LP 1	LP 2	LP 3	LP 4	LP 5			
A		1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
		2	0	0	0	0	0	0,00		
		3	0	0	0	0	0	0,00		
Nekrosis	B	1	0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
		2	0	0	0	0	0	0,00		
		3	0	0	0	0	0	0,00		
K		1	168	198	158	180	167	188	191,33	63,78
		2	170	196	201	151	205	178		
		3	164	172	165	163	177	208		

